

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-152487

(43)Date of publication of application : 23.05.2003

(51)Int.Cl.

H03H 3/10  
H03H 9/145  
H03H 9/25

(21)Application number : 2002-164912

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 05.06.2002

(72)Inventor : IIZAWA KEIGO  
YAMAZAKI TAKASHI  
KANNA SHIGEO

(30)Priority

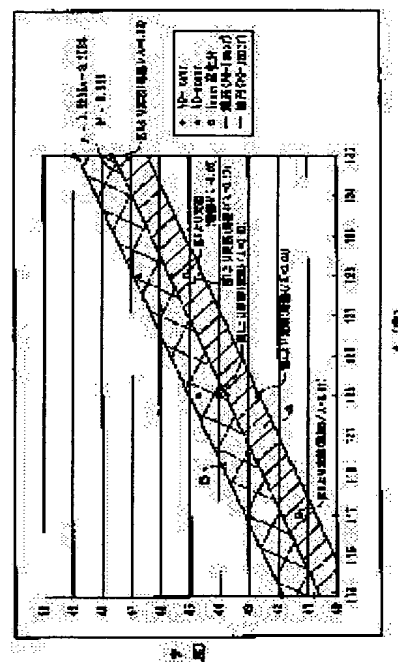
Priority number : 2001260122 Priority date : 29.08.2001 Priority country : JP

## (54) SURFACE ACOUSTIC WAVE DEVICE AND METHOD FOR ADJUSTING TEMPERATURE PROPERTY THEREOF

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method for adjusting the temperature property of a surface acoustic wave (SAW) device which is appropriate to the temperature property of a cubic function of an SAW device employing an in-plane rotated ST cut quartz crystal plate.

**SOLUTION:** The method employs an in-plane rotated ST cut quartz crystal plate having Euler angles of ( $0^\circ$ ,  $113-135^\circ$ ,  $\pm(40-49^\circ)$ ). The range of the Euler angles is set within ranges of hatching portions 4, 5 so that the temperature property of the SAW device employing an in-plane rotated ST cut quartz crystal plate having the temperature property of a cubic function may have an extreme value within the temperature range  $-40$  to  $+85^\circ$  C. By using the ranges of the hatchings 4, 5, the temperature property is rotated about an inflection point to perform adjustment so that the frequency fluctuation range within the operational temperature range is minimized.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 16.07.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The temperature characteristic adjustment method of the surface-acoustic-wave equipment characterized by rotating the temperature characteristic of the surface-acoustic-wave equipment using the aforementioned rotation ST cut quartz plate within a field which an Eulerian angle is the temperature characteristic adjustment method of the surface-acoustic-wave equipment using the rotation ST cut quartz plate within a field in (0 degree, 113-135 degrees, \*\* (40-49 degrees)), and has the temperature characteristic of the 3rd function to the circumference of point of inflection, and adjusting the temperature characteristic.

[Claim 2] It is the temperature characteristic adjustment method of the surface-acoustic-wave equipment using the rotation ST cut quartz plate within a field which has an Eulerian angle in (0 degree, 113-135 degrees, \*\* (40-49 degrees)). The range of the aforementioned Eulerian angle is set up so that the temperature characteristic of the surface-acoustic-wave equipment using the aforementioned rotation ST cut quartz plate within a field which has the temperature characteristic of the 3rd function may have extremal value. The temperature characteristic adjustment method of the surface-acoustic-wave equipment according to claim 1 characterized by rotating the temperature characteristic to the circumference of point of inflection, and adjusting change of the temperature characteristic in operating temperature limits to the minimum.

[Claim 3] It is the temperature characteristic adjustment method of the surface-acoustic-wave equipment according to claim 1 or 2 characterized by  $\psi$  being a range settled in  $\psi = 0.3295\theta + 3.3318$  degree \*\* 1.125 degree when the aforementioned Eulerian angle is set to 0 degree, and ( $\theta$ ,  $\psi$ ).

[Claim 4] The temperature characteristic adjustment method of the surface-acoustic-wave equipment according to claim 1 to 3 characterized by being  $\theta = 125-128$  degrees and  $\eta$  (electrode width of face / electrode pitch) being 0.3-0.6 when the aforementioned Eulerian angle is set to 0 degree, and ( $\theta$ ,  $\psi$ ).

[Claim 5] The temperature characteristic adjustment method of the surface-acoustic-wave equipment according to claim 1 to 4 characterized by changing the temperature characteristic of the circumference of point of inflection by adjusting the amount of electrode layer thick in the aforementioned surface-acoustic-wave equipment.

[Claim 6] The temperature characteristic adjustment method of the surface-acoustic-wave equipment according to claim 1 to 4 characterized by changing the temperature characteristic of the circumference of point of inflection by performing rotation within a field to the circumference of Z' shaft of crystal.

[Claim 7] The temperature characteristic adjustment method of the surface-acoustic-wave equipment according to claim 1 to 4 characterized by changing the temperature characteristic of the circumference of point of inflection by changing  $\eta$  (electrode width of face / electrode pitch) in the electrode in the aforementioned surface-acoustic-wave equipment.

[Claim 8] Surface-acoustic-wave equipment characterized by being manufactured by the temperature characteristic adjustment method of surface-acoustic-wave equipment according to claim 1 to 7.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the temperature characteristic adjustment method of surface-acoustic-wave equipment and surface-acoustic-wave equipment which used the field internal-version ST cut quartz plate.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, the temperature characteristic (frequency-drift property over a temperature change) of the piezoelectric transducer using crystal has what is expressed with a secondary function like a tuning fork vibrator and surface-acoustic-wave equipment, and the thing expressed with the 3rd function like AT vibrator. In the temperature characteristic in this piezoelectric transducer, the temperature characteristic of vibrator is adjusted so that the strange mechanical-moment width of face of frequency may become the minimum focusing on 25 degrees C which is usually a service temperature by operating temperature limits (-40+85 degrees C). Usually, in the piezoelectric transducer whose temperature characteristic is a secondary function, if it adjusts so that the peak temperature (temperature which gives the extremal value of frequency) of the temperature characteristic of the piezoelectric transducer concerned may be located at the center of operating temperature limits, the strange mechanical-moment width of face of frequency will serve as the minimum. In addition, in vibrator with the temperature characteristic of the conventional secondary function, the range of peak temperature is per 50 degrees C from 0 degree C.

[0003] In the AT-cut vibrator whose temperature characteristic is the 3rd function on the other hand, since [ of operating temperature limits ] it is mostly located in the center, frequency-drift width of face [ in / operating temperature limits / in point-of-inflection temperature ] is very small.

[0004] By the way, with the surface-acoustic-wave equipment represented by a SAW resonator and the SAW filter, the quartz plate (a field internal-version ST cut quartz plate is called hereafter) which carried out the field internal version of the ST cut quartz plate to the circumference of Z' shaft may be used from the purpose which reduces the frequency change by the temperature change. And the surface-acoustic-wave equipment using the field internal-version ST cut quartz plate is also considered from the former for the temperature characteristic to be a secondary function with it being the same as that of the surface-acoustic-wave equipment using the conventional ST cut quartz plate, the peak temperature of the surface-acoustic-wave equipment which used the field internal-version ST cut quartz plate for the center of operating temperature limits is made in agreement, and it was made to stop the strange mechanical-moment width of face of the frequency to a temperature change to the minimum.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The temperature characteristic of the surface-acoustic-wave equipment using the field internal-version ST cut quartz plate was considered to be a secondary function from the former as above-mentioned. However, when the invention-in-this-application person verified anew, it became clear that it is the 3rd function which has point of inflection in nearly 110 degrees C in practice. In order not to usually perform exceeding 110 degrees C greatly and measuring the temperature characteristic, it was not checked until now that the temperature characteristic of the surface-acoustic-wave equipment using the field internal-version ST cut quartz plate is the

3rd function. Therefore, since it was carrying out as a secondary function when it was going to adjust the temperature characteristic of the surface-acoustic-wave equipment using this field internal-version ST cut quartz plate, it had not become what optimized the frequency strange mechanical-moment width of face in operating temperature limits.

[0006] And the problem that the temperature characteristic of the surface-acoustic-wave equipment using the field internal-version ST cut quartz plate could not fully demonstrate the temperature characteristic of surface-acoustic-wave equipment which used the field internal-version ST cut quartz plate by the old adjustment method not from the secondary function but from it having been the 3rd function in practice occurred.

[0007] this invention aims at offering the temperature characteristic adjustment method of surface-acoustic-wave equipment and surface-acoustic-wave equipment which suited the temperature characteristic of the 3rd function which the surface-acoustic-wave equipment using the field internal-version ST cut quartz plate has paying attention to the above-mentioned conventional trouble.

[0008]

[Means for Solving the Problem] The temperature characteristic of surface-acoustic-wave equipment which used the field internal-version ST cut quartz plate is conventionally considered to be a secondary function, and although it was adjusted so that peak temperature might be located at the center of operating temperature limits, since it was the 3rd function in practice, this invention will be made based on the knowledge of becoming possible to reduce the amount of frequency change further, if peak temperature is shifted from the center of operating temperature limits.

[0009] That is, an Eulerian angle is the temperature characteristic adjustment method of the surface-acoustic-wave equipment using the field internal-version ST cut quartz plate in (0 degree, 113-135 degrees, \*\* (40-49 degrees)), and it was presupposed to the temperature characteristic adjustment method of the surface-acoustic-wave equipment concerning this invention that the temperature characteristic of the surface-acoustic-wave equipment using the aforementioned field internal-version ST cut quartz plate which has the temperature characteristic of the 3rd function is rotated to the circumference of point of inflection, and the temperature characteristic is adjusted. And we decided to set up the range of the aforementioned Eulerian angle so that the temperature characteristic of the elastic surface equipment using the aforementioned field internal-version ST cut quartz plate may have extremal value, to rotate the temperature characteristic to the circumference of point of inflection, and to adjust the strange mechanical-moment width of face of the temperature characteristic in operating temperature limits to the minimum.

[0010] And when the aforementioned Eulerian angle is set to 0 degree, and  $(\theta, \psi)$ ,  $\psi$  is taken as the range expressed with  $\psi = 0.3295\theta + 3.3318 \text{ degree}^{**1.125 \text{ degree}}$ . When an Eulerian angle is especially set to 0 degree, and  $(\theta, \psi)$ , it is  $\theta = 125\text{-}128 \text{ degrees}$ , and it is desirable to set  $\eta$  (electrode width of face / electrode pitch) to 0.3-0.6.

[0011] What is necessary is just to carry out by carrying out by adjusting the electrode thickness in surface-acoustic-wave equipment, or adjusting the amount of field internal version of the circumference of the aforementioned Z' shaft, in order to change the temperature characteristic of the circumference of the point of inflection mentioned above. Moreover, it can also carry out by changing  $\eta$  (electrode width of face / electrode pitch) in the electrode in the aforementioned surface-acoustic-wave equipment. Moreover, the surface-acoustic-wave equipment concerning this invention should just be manufactured by the temperature characteristic adjustment method of the surface-acoustic-wave equipment mentioned above.

[0012] Thus, it is checked that the surface-acoustic-wave equipment using the field internal-version ST cut quartz plate which has an Eulerian angle in (0 degree, 113-135 degrees, \*\* (40-49 degrees)) has the temperature characteristic of the 3rd function by examination of an artificer. And if the range of the aforementioned Eulerian angle which has extremal value in the temperature characteristic of the 3rd aforementioned function is selected within the limits of (0 degree, 113-135 degrees, \*\* (40-49 degrees)) and the temperature characteristic is rotated to the circumference of the 3rd point of inflection of a function within the limits of this, the strange mechanical-moment width of face of the temperature characteristic (namely, frequency drift) in operating temperature limits can be

set as the minimum. Even if influence includes dispersion in the temperature characteristic by the process error it is large without error so that it will become a RF if  $\eta$  (electrode width of face / electrode pitch) is set to 0.3-0.6 while carrying out  $\theta = 125-128$  degrees  $\theta$  of an Eulerian angle especially, the strange mechanical-moment width of face of the frequency in a  $-40-+85$ -degree C temperature requirement can be stopped small. And in order to fluctuate the temperature characteristic to the circumference of point of inflection, to adjust the amount of field internal version of the circumference of Z' shaft, or what is necessary is just made to make a change of the thickness of an electrode, or width of face formed in a front face. [0013] In addition, since verification is made by examination of an artificer as shown in a claim 3, the range of the aforementioned Eulerian angle which has extremal value in the temperature characteristic of the 3rd function should just adjust the amount of field internal version etc. by using within the limits of this as a target.

[0014]

[Embodiments of the Invention] The concrete operation gestalt of the temperature characteristic adjustment method of the surface-acoustic-wave equipment concerning this invention and surface-acoustic-wave equipment is explained to it in detail, referring to a drawing to below. With the surface-acoustic-wave equipment using crystal, although the temperature characteristic of a secondary function is common, if a field internal-version ST cut quartz plate is used, surface-acoustic-wave equipment with the temperature characteristic of the 3rd function is realizable. And with surface-acoustic-wave equipment with the temperature characteristic of this 3rd function, surface-acoustic-wave equipment with the small strange mechanical-moment width of face of the frequency to a temperature change can be offered by point-of-inflection temperature being located in a temperature field higher than an anticipated-use temperature requirement, making the temperature characteristic near the maximal value of the temperature characteristic of the 3rd function operating temperature limits, and adjusting the temperature characteristic.

[0015] For example, when starting a piezoelectric transducer from crystal, the temperature characteristic is changed by the direction of a cut. Although the crystallographic axis of crystal is defined by an electrical axis (X-axis), a machine shaft (Y-axis), and the optical axis (Z-axis) as shown in drawing 1 What is called ST cut is started in accordance with the new axis of coordinates (X, Y, Z) of the quartz plate 1 from which an Eulerian angle ( $\phi$ ,  $\theta$ ,  $\psi$ ) rotates  $\theta = 113-135$  degrees of crystal Z discs 2 of (0 degree, 0 degree, 0 degree) to the circumference of an electrical axis (X-axis), and is obtained. Further,  $\psi = (40-49)$  rotation, it carries out and the piezoelectric transducer produced so that the propagation of a surface acoustic wave might turn into this direction is said to the circumference of Z' shaft of this ST cut quartz plate 1 as field internal-version ST cut surface-acoustic-wave equipment 3. And it was known that this field internal-version ST cut surface-acoustic-wave equipment 3 has the very good temperature characteristic, and since the temperature characteristic was a kind of ST cut, it was considered to be the temperature characteristic of a secondary function. However, when the artificer inquired, it became clear that it is the temperature characteristic of the 3rd function which has the point of inflection of the temperature characteristic in nearly 110 degrees C in practice. In order not to usually perform exceeding 110 degrees C greatly and measuring the temperature characteristic, it was not checked until now that the temperature characteristic of the surface-acoustic-wave equipment using the field internal-version ST cut quartz plate is the 3rd function. Therefore, since it was carrying out as a secondary function when it was going to adjust the temperature characteristic of the surface-acoustic-wave equipment using this field internal-version ST cut quartz plate, it had not become what optimized the frequency strange mechanical-moment width of face in operating temperature limits.

[0016] The knowledge that field internal-version ST cut surface-acoustic-wave equipment is the temperature characteristic of the 3rd function is acquired, and the maximal value or minimal value temperature located in operating temperature limits is made into peak temperature, and it constitutes from this operation gestalt so that the temperature characteristic may be rotated to the circumference of the point of inflection located out of operating temperature limits by adjustment of a primary coefficient term and the aforementioned peak temperature may be adjusted to the optimum value of operating temperature limits. Specifically, this sets up the quartz plate which only  $\psi = (40-49)$

made carry out the field internal version of the ST cut quartz plate which is made to rotate  $\theta = 113-135$  degrees of quartz plates to the circumference of an electrical axis (X-axis), and is obtained to the circumference of Z' shaft further. And it is [ aforementioned ] within the limits, and the range which has extremal value in the operating temperature limits whose temperature characteristic is  $-40+85$  degrees C further is selected, the temperature which gives the maximal value or the minimal value of the temperature characteristic by adjusting a field internal-version angle by within the limits with this extremal value is adjusted to the optimum value of operating temperature limits, and the temperature characteristic is adjusted.

[0017] The point-of-inflection temperature of the temperature characteristic of field internal-version ST cut surface-acoustic-wave equipment is about 110 degrees C, and the field where they have the maximal value located in a low temperature field from point of inflection among the temperature characteristic curves of the 3rd function since operating temperature limits are  $-40+85$  degrees C of low temperature fields from it is used as now shown in drawing 2 (portion enclosed with having been square in drawing 2 ). Since it is difficult to move in point of inflection in the case of the temperature characteristic of the 3rd function, a primary coefficient term is adjusted and a temperature characteristic curve is rotated to the circumference of point of inflection. This adjusts the maximal value of the temperature characteristic curve in operating temperature limits so that it may be from the center of operating temperature limits on a low temperature side. The solid line shown in drawing 2 is the conventional adjustment method that the maximal value P1 of a temperature characteristic curve was located in the center of operating temperature limits  $T_z$ , and this made the temperature characteristic the secondary function. If it adjusts to a temperature characteristic curve as made rotate this temperature characteristic curve to the circumference of point of inflection and newly shown with the dashed line, maximal value temperature can move to P2 from P1, and can make the minimum frequency strange mechanical-moment width of face in operating temperature limits.

[0018] Field internal-version ST cut surface-acoustic-wave equipment produces ST cut crystal wafer first, gives the degree  $\psi$  of field interior angle using the orienteering flat, and carries out exposure formation of a reflector and the blind-like electrode to each vibrator field at this. By carrying out degree adjustment of the above-mentioned degree of field interior angle  $\psi = (40-49)^\circ$ , the practical tuning of the temperature characteristic of this 3rd function changes the propagation of a surface acoustic wave, and performs it. Since the relation between change of  $\psi$  and change of the primary coefficient term of the temperature characteristic of the 3rd function is understood beforehand, the adjustment direction and the amount of adjustments can be predicted to some extent. Therefore, field internal-version ST cut surface-acoustic-wave equipment is created, and it asks for the temperature characteristic, the rotation of a temperature characteristic curve is calculated so that the maximal value (or minimal value) may be located in a low temperature side (or elevated-temperature side) from the center of operating temperature limits by the operating temperature limits by the design specification, and  $\psi$  corresponding to this rotation is computed. And the orienteering flat corresponding to this field internal-version angle  $\psi$  is set up within the degree of  $(40-49)^\circ$ , and a reflector and a blind-like electrode are formed. The field internal-version ST cut surface-acoustic-wave equipment which makes the minimum frequency strange mechanical-moment width of face in operating temperature limits by this can be obtained.

[0019] Drawing 3 is a graph which shows the range which can find easily the temperature characteristic curve on which an Eulerian angle has extremal value in the field internal-version ST cut quartz plate in (0 degree,  $113-135$  degrees,  $(40-49)^\circ$ ). The artificer repeated various examination here and the range of  $\theta$  and  $\psi$  which can find easily the temperature characteristic curve on which transversal type surface-acoustic-wave equipment has extremal value (maximal value or minimal value) by the  $-40+85$ -degree C temperature requirement was found out in the range of this graph which has the temperature characteristic of the 3rd function. This range is shown in the hatching section 5 in this graph. On the other hand, the hatching section 4 in this graph is a range which has the hatching section 5 out of range among the ranges of  $\theta$  and  $\psi$  which can find easily the temperature characteristic curve on which a temperature characteristic curve has extremal value (maximal value or minimal value) by the above-mentioned temperature requirement in

resonator type surface-acoustic-wave equipment, and the value of  $\psi$  is small as compared with the field of the part hatching 5 in which the electrode is formed. And the field with which the hatching section 4 and the hatching section 5 in this graph were doubled is defined by the following formula.

[Equation 1]

$$\psi = 0.3295\theta + 3.3318^\circ \pm 1.125^\circ$$

[0020] And what is necessary is to be able to find the frequency temperature characteristic curve which has extremal value (maximal value and minimal value) easily in the field shown in the hatching section 4 and the hatching section 5 by making the field internal version perform to the circumference of Z' shaft, to rotate a temperature characteristic curve to the circumference of point of inflection further, and just to adjust the strange mechanical-moment width of face of the frequency in operating temperature limits to the minimum.

[0021] In the border area of the above-mentioned hatching section 4 and the hatching section 5, the artificer verified the temperature characteristic and checked, respectively about the justification of the range of the aforementioned hatching section 4 and the hatching section 5. Moreover, with the gestalt of this operation, it is defined as a thing including a transversal type SAW filter and the both sides of a resonator type SAW device (a SAW resonator and resonator type SAW filter is included) with field internal-version ST cut crystal surface-acoustic-wave equipment.

[0022] Drawing 9 · drawing 12 are the graphs which verified the existence of the extremal value of the 3rd function in the transversal type SAW filter using the field internal-version ST cut quartz plate which has an Eulerian angle in (0 degree, 113-135 degrees, \*\* (40-49 degrees)). The range of  $\theta$  and  $\psi$  which can find easily the temperature characteristic in which the surface-acoustic-wave equipment of a transversal type SAW filter has extremal value (maximal value or minimal value) by the -40+85-degree C temperature requirement from these drawings was found out. The range is the hatching section 5 of drawing 3, and is defined by the following formula.

[Equation 2]

[0023] By the way, the artificer did not stop only at the temperature characteristic of a transversal type SAW filter, but repeated examination also about the temperature characteristic of a resonator type SAW device further, and found out various regularity. That is, the transversal type SAW filter serves as a gestalt arranged with the interval which has the IDT electrode (sinking comb electrode) of an origination side, and the IDT electrode of a receiving side in the front face of the crystal substrate used as piezoelectric material. Since nothing is formed in IDT inter-electrode in such an SAW filter, change of the temperature characteristic of frequency is small by elements, such as width of face of an electrode, and thickness, (even if it changes the configuration of an electrode, the temperature characteristic seldom changes). On the other hand, in a resonator type SAW device, an IDT electrode is formed in the front face of the crystal substrate used as piezoelectric material, it has become the gestalt in which the reflector electrode was formed so that this IDT electrode may be pinched, and the temperature characteristic changes with elements, such as width of face of this IDT electrode, and thickness.

[0024] Drawing 4 is the graph which verified the existence of extremal value in the -40+85-degree C temperature requirement about the temperature characteristic of the 3rd function in the resonator type SAW device using the field internal-version ST cut quartz plate which has an Eulerian angle in (0 degree, 123 degrees, \*\* (40-49 degrees)). As shown in this graph, on the conditions which made the field internal-version angle  $\psi$  smaller than the range of the hatching section 4 in drawing 3, it turns out that it does not have extremal value in the temperature characteristic in a -40+85-degree C temperature requirement. Moreover, although it is shown that the graph of drawing 4 has extremal value also on the conditions which made  $\psi$  larger than the range of the hatching section 4 of drawing 3, it is also shown that it is within the limits of the hatching section 5 simultaneously.

[0025] Even when drawing 4 and drawing 10 have same  $\theta$  among Eulerian angles (0 degree,  $\theta$ ,  $\psi$ ), it is shown that  $\psi$  which gives a similar temperature characteristic curve



by the existence of an electrode differs. For example, if  $\psi$  used as the boundary which has extremal value is seen, in drawing 10, it is small once with  $\psi = 42.7$  degrees to being  $\psi = 43.7$  degrees at drawing 4. When there is an electrode, it becomes namely, less easy [ it ] only within the limits of  $\psi$  defined by the hatching section 5 of drawing 3 to find the temperature characteristic which has extremal value (maximal value or minimal value) by the  $-40+85$ -degree C temperature requirement. Then, if the range (this is the hatching section 4) which extended  $\psi$  of the range of the hatching section 5 of drawing 3 to the once smaller one, and the range with which the hatching section 5 was doubled are defined, it will become possible to find easily the temperature characteristic which has extremal value (maximal value or minimal value) in the existence of an electrode by \*\*\*\*\* and the  $-40+85$ -degree C temperature requirement. And the range with which the hatching section 4 and the hatching section 5 were doubled is defined by the formula 1.

[0026] The temperature characteristic of the resonator type SAW device in an Eulerian angle (0 degree, 117 degrees,  $\psi$ ), (0 degree, 129 degrees,  $\psi$ ), and (0 degree, 135 degrees,  $\psi$ ) is shown in drawing 5 or drawing 7, and drawing 8. Although it becomes less easier [ it ] only within the limits of  $\psi$  defined by the hatching section 5 of drawing 3 than these drawings to find the temperature characteristic which has extremal value (maximal value or minimal value) by the  $-40+85$ -degree C temperature requirement, if it is within the limits which doubled the hatching section 4 and the hatching section 5, it will become possible to find easily the temperature characteristic which has extremal value (maximal value or minimal value) by the  $-40+85$ -degree C temperature requirement.

[0027] Thus, in the range of an Eulerian angle mentioned above, if the range of a cut angle which has extremal value in the temperature requirement whose temperature characteristic is  $-40+85$  degrees C is grasped, the frequency strange mechanical-moment width of face in the operating temperature limits of surface acoustic-wave equipment can be stopped to the minimum. That is, in the resonator type SAW device included in the hatching section 4 of drawing 3, as shown in drawing 13 (1), although it is made mostly in agreement with central temperature (25 degrees C), since [ of operating temperature limits ( $-40+85$  degrees C) ] the temperature characteristic of frequency is shown by the 3rd function in this drawing (1), the amount of frequency drifts on the basis of peak temperature is right and left, and does not become equal about peak temperature. It is required to make it shift peak temperature to a low temperature side to suppress change of the temperature characteristic shown with the 3rd function, and to make equal the amount of change of the frequency by the side of an elevated temperature and low temperature on the basis of peak temperature.

[0028] Drawing 13 (1) shows the temperature characteristic of the resonator type SAW device in which an Eulerian angle has the field internal-version ST cut quartz plate of (0 degree, 123 degrees, 43 degrees), and can make small frequency strange mechanical-moment width of face to 71 ppm as compared with the case where it is the usual ST cut whose Eulerian angles shown in drawing 14 are (0 degree, 123 degrees, 0 degree). However, the peak temperature of this resonator type SAW device is 25 degrees C of operating temperature limits which is a center mostly. By performing adjustment which moves this peak temperature, frequency strange mechanical-moment width of face in operating temperature limits can be made small more. What is necessary is for that purpose, just to shift peak temperature at a low temperature side in illustration.

[0029] Since a field internal-version ST cut quartz plate is the temperature characteristic of the 3rd function, it can obtain the result same with having moved peak temperature by rotating a temperature characteristic curve to the circumference of point of inflection. In order to shift peak temperature from the state of this drawing (1) to a low temperature side, as it can realize by adjusting the thickness H of an IDT electrode to the 1st and is shown in this drawing (2), by thickening electrode thickness H and enlarging thickness ratio  $H/\lambda$ , peak temperature is shifted to a low temperature side, and the temperature characteristic can be adjusted. Moreover, it is possible also by changing the temperature characteristic of the circumference of point of inflection by adjusting the amount of field internal version to the circumference of Z' shaft. It can realize by carrying out angle adjustment of the formation direction (the propagation direction of a surface acoustic wave) of an electrode, and this can be adjusted by making the field internal-version angle  $\psi$  of the circumference of Z' shaft into  $\psi = 43.0$  to  $\psi = 43.1$  degrees, as shown in this drawing (3). It can adjust also by furthermore

changing  $\eta$  (electrode width of face / electrode pitch) in an IDT electrode, and this adjustment result is shown in this drawing (4). It becomes possible to stop further the frequency strange mechanical-moment width of face in operating temperature limits by these adjustments compared with the conventional temperature characteristic.

[0030] By the way, in order that an electrode may turn minutely, electrode width of face becomes small, and, as for surface-acoustic-wave equipment, the manufacture error of electrode width of face becomes large relatively as resonance frequency becomes a RF. For this reason, the amount of change of the value of  $\eta$  (electrode width of face / electrode pitch) which affects the temperature characteristic becomes large, for example, it comes to produce the manufacture error whose  $\eta$  is it about  $0.1$  that it is about 1GHz. Therefore, if resonance frequency serves as a RF to about 1GHz in the case of the surface-acoustic-wave equipment using the field internal-version ST cut quartz plate 1, it will become difficult for the strange mechanical-moment width of face of the frequency in a  $-40$ ~ $+85$ -degree C temperature requirement to stabilize for it and make a less than 100 ppm thing.

[0031] for example, the time of an Eulerian angle setting to ( $\phi$ ,  $\theta$ ,  $\psi$ ) --  $\phi = 0$  degree and  $\theta = 123$  degrees -- it is -- a thickness ratio -- in the case of the resonator type SAW device using  $H/\lambda = 0.05$  and the field internal-version ST cut quartz plate 1 of  $\eta = 0.4$ , it is possible to adjust the strange mechanical-moment width of face of the frequency in  $-40$ ~ $+85$ -degree C operating temperature limits to about 60 ppm, as shown in drawing 15. However, it is based on the frequency of 25 degrees C while adjusting so that the optimal temperature characteristic may be obtained in  $\psi$  at angle within the limits of  $\psi$  called for with a formula 1 in the case of drawing 15.

[0032] However, if electrode width of face becomes small though it is the same Eulerian angle and the same thickness ratio, and set to  $\eta = 0.3$ , as shown in drawing 16, frequency strange mechanical-moment width of face will exceed 90 ppm. And when electrode width of face becomes large and is conversely set to  $\eta = 0.5$ , even if it is the same Eulerian angle and the same thickness ratio, frequency strange mechanical-moment width of face is set to 134 ppm as shown in drawing 17 (however, in drawing 17, the amount of frequency drifts in  $+85$  degrees C is not indicated). Therefore, the resonator type SAW device to which frequency strange mechanical-moment width of face exceeds 100 ppm will be manufactured for dispersion on manufacture of electrode width of face though it sets up with  $\eta = 0.4$  so that frequency strange mechanical-moment width of face may be set to less than 100 ppm.

[0033] Then, invention-in-this-application persons found out the cut angle of the quartz plate from which the field internal-version ST cut resonator type SAW device from which the frequency strange mechanical-moment width of face in a  $-40$ ~ $+85$ -degree C temperature requirement though research and an experiment are repeated wholeheartedly and a manufacture error arises to electrode width of face is set to less than 100 ppm is obtained. Drawing 18 or drawing 23 investigates the relation between  $\theta$  of an Eulerian angle, and an electrode thickness ratio ( $H/\lambda$ ) and  $\eta$ . The vertical axis of these drawings expresses the maximum of the frequency strange mechanical-moment width of face at the time of changing  $\eta$   $0.1$  times. The maximum of this frequency strange mechanical-moment width of face expresses the frequency strange mechanical-moment width of face of drawing 17 ( $\eta = 0.5$ ) from which frequency strange mechanical-moment width of face serves as the maximum in  $\theta = 123$  degrees of drawing 15 or drawing 17,  $H/\lambda = 0.05$ , and  $\eta = 0.4 \times 0.1$ . Although not indicated,  $\psi$  is angle within the limits called for with a formula 1. Moreover, in any case, the frequency strange mechanical-moment width of face in a  $-40$ ~ $+85$ -degree C temperature requirement is shown on the basis of the frequency in 25 degrees C.

[0034] Drawing 18 is the case of  $H/\lambda = 0.03$  and  $\eta = 0.4 \times 0.1$ . In this case, in the range of  $\theta = 123$ ~ $134$  degrees, frequency strange mechanical-moment width of face can be set to 100 ppm or less. Moreover, drawing 19 is the case of  $H/\lambda = 0.03$  and  $\eta = 0.5 \times 0.1$ , and can set frequency strange mechanical-moment width of face to about 100 ppm or less in  $\theta = 125$ ~ $131$  degrees.

[0035] Drawing 20 is the case of  $H/\lambda = 0.04$  and  $\eta = 0.4 \times 0.1$ . In this case, frequency strange mechanical-moment width of face can be set to 100 ppm or less in  $\theta = 124$ ~ $134$  degrees. And  $H/\lambda$  shown in drawing 21 = in the case of 0.04 and  $\eta = 0.5 \times 0.1$ , frequency strange mechanical-moment width of face can be set to 100 ppm or less in the range of  $\theta = 125$ ~ $129$  degrees. Furthermore,  $H/\lambda$  shown in drawing 22 = in the case of 0.05

and  $\eta = 0.4 \times 0.1$ , frequency strange mechanical-moment width of face can be set to 100 ppm or less in the range of  $\theta = 124\text{--}134$  degrees. Moreover,  $H/\lambda$  of drawing 23 = in the case of 0.05 and  $\eta = 0.5 \times 0.1$ , in the range of  $\theta = 125\text{--}128$  degrees, frequency strange mechanical-moment width of face can be set to 100 ppm or less.

[0036] Therefore, from these results, when it was the range of  $\theta = 125\text{--}128$  degrees and  $\eta$  is changed according to a process within the limits of  $\eta = 0.3$  or  $0.6$  at the less than  $0.2$  ranges of fluctuation, in a  $-40\text{--}+85$ -degree C temperature requirement, frequency strange mechanical-moment width of face can be set to 100 ppm or less. In the frequency bands (for example, 300MHz, 600 etc.MHz, etc.) which are not large, the above-mentioned range does not have the relatively effective manufacture error of electrode width of face until it says.

[0037]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, an Eulerian angle ( $113\text{--}135$  degrees  $0$  degree) It is the temperature characteristic adjustment method of the surface-acoustic-wave equipment using the field internal-version ST cut quartz plate in \*\* ( $40\text{--}49$  degrees). The range of the aforementioned Eulerian angle is set up so that the temperature characteristic of the surface-acoustic-wave equipment using the aforementioned field internal-version ST cut quartz plate which has the temperature characteristic of the 3rd function may have extremal value. Since it adjusted so that the temperature characteristic might be rotated to the circumference of point of inflection and the strange mechanical-moment width of face of the frequency in operating temperature limits might become the minimum, even if it changes ambient temperature, it becomes possible about changing oscillation frequency to stop to the minimum.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is explanatory drawing of ST cut crystal which carried out the field internal version to the circumference of Z' shaft.

[Drawing 2] It is the temperature characteristic curvilinear view of ST cut surface-acoustic-wave equipment which carried out the field internal version to the circumference of Z' shaft.

[Drawing 3] It is the graph which shows the range which can find easily the temperature characteristic curve on which an Eulerian angle has extremal value in the field internal-version ST cut quartz plate in (0 degree, 113-135 degrees, \*\* (40-49 degrees)).

[Drawing 4] An Eulerian angle is the graph which verified the existence of the extremal value of the 3rd function in the resonator type SAW device using the field internal-version ST cut quartz plate in (0 degree, 113-135 degrees, \*\* (40-49 degrees)).

[Drawing 5] An Eulerian angle is the graph which verified the existence of the extremal value of the 3rd function in the resonator type SAW device using the field internal-version ST cut quartz plate in (0 degree, 113-135 degrees, \*\* (40-49 degrees)).

[Drawing 6] An Eulerian angle is the graph which verified the existence of the extremal value of the 3rd function in the resonator type SAW device using the field internal-version ST cut quartz plate in (0 degree, 113-135 degrees, \*\* (40-49 degrees)).

[Drawing 7] An Eulerian angle is the graph which verified the existence of the extremal value of the 3rd function in the resonator type SAW device using the field internal-version ST cut quartz plate in (0 degree, 113-135 degrees, \*\* (40-49 degrees)).

[Drawing 8] An Eulerian angle is the graph which verified the existence of the extremal value of the 3rd function in the resonator type SAW device using the field internal-version ST cut quartz plate in (0 degree, 113-135 degrees, \*\* (40-49 degrees)).

[Drawing 9] An Eulerian angle is the graph which verified the existence of the extremal value of the 3rd function in the transversal type SAW filter using the field internal-version ST cut quartz plate in (0 degree, 113-135 degrees, \*\* (40-49 degrees)).

[Drawing 10] An Eulerian angle is the graph which verified the existence of the extremal value of the 3rd function in the transversal type SAW filter using the field internal-version ST cut quartz plate in (0 degree, 113-135 degrees, \*\* (40-49 degrees)).

[Drawing 11] An Eulerian angle is the graph which verified the existence of the extremal value of the 3rd function in the transversal type SAW filter using the field internal-version ST cut quartz plate in (0 degree, 113-135 degrees, \*\* (40-49 degrees)).

[Drawing 12] An Eulerian angle is the graph which verified the existence of the extremal value of the 3rd function in the transversal type SAW filter using the field internal-version ST cut quartz plate in (0 degree, 113-135 degrees, \*\* (40-49 degrees)).

[Drawing 13] It is explanatory drawing of the tuning of the temperature characteristic of the 3rd function.

[Drawing 14] The conventional Eulerian angle is drawing showing the temperature characteristic of the ST cut resonator type SAW device of (0 degree, 123 degrees, 0 degree).

[Drawing 15] It is  $\theta = 123$  degrees concerning the gestalt of operation, and is drawing showing the temperature characteristic of a field internal-version ST cut resonator type SAW device at the time of  $H/\lambda = 0.05$  and  $\eta = 0.4$ .

[Drawing 16] It is  $\theta = 123$  degrees concerning the gestalt of operation, and is drawing showing the temperature characteristic of a field internal-version ST cut resonator type SAW device at the time of  $H/\lambda = 0.05$  and  $\eta = 0.3$ .

[Drawing 17] It is  $\theta = 123$  degrees concerning the gestalt of operation, and is drawing showing the temperature characteristic of a field internal-version ST cut resonator type SAW device at the time of  $H/\lambda = 0.05$  and  $\eta = 0.5$ .

[Drawing 18]  $H/\lambda$  concerning the gestalt of operation = it is drawing showing the relation between  $\theta$  in the  $-40$  to  $+85$ -degree C temperature requirement of a field internal-version ST cut resonator type SAW device at the time of 0.03 and  $\eta = 0.4^{**}0.1$ , and the maximum of frequency strange mechanical-moment width of face.

[Drawing 19]  $H/\lambda$  concerning the gestalt of operation = it is drawing showing the relation between  $\theta$  in the  $-40$  to  $+85$ -degree C temperature requirement of a field internal-version ST cut resonator type SAW device at the time of 0.03 and  $\eta = 0.5^{**}0.1$ , and the maximum of frequency strange mechanical-moment width of face.

[Drawing 20]  $H/\lambda$  concerning the gestalt of operation = it is drawing showing the relation between  $\theta$  in the  $-40$  to  $+85$ -degree C temperature requirement of a field internal-version ST cut resonator type SAW device at the time of 0.04 and  $\eta = 0.4^{**}0.1$ , and the maximum of frequency strange mechanical-moment width of face.

[Drawing 21]  $H/\lambda$  concerning the gestalt of operation = it is drawing showing the relation between  $\theta$  in the  $-40$  to  $+85$ -degree C temperature requirement of a field internal-version ST cut resonator type SAW device at the time of 0.04 and  $\eta = 0.5^{**}0.1$ , and the maximum of frequency strange mechanical-moment width of face.

[Drawing 22]  $H/\lambda$  concerning the gestalt of operation = it is drawing showing the relation between  $\theta$  in the  $-40$  to  $+85$ -degree C temperature requirement of a field internal-version ST cut resonator type SAW device at the time of 0.05 and  $\eta = 0.4^{**}0.1$ , and the maximum of frequency strange mechanical-moment width of face.

[Drawing 23]  $H/\lambda$  concerning the gestalt of operation = it is drawing showing the relation between  $\theta$  in the  $-40$  to  $+85$ -degree C temperature requirement of a field internal-version ST cut resonator type SAW device at the time of 0.05 and  $\eta = 0.5^{**}0.1$ , and the maximum of frequency strange mechanical-moment width of face.

[Description of Notations]

1 [ ... Field internal-version ST cut surface-acoustic-wave equipment, 4 / ... The hatching section, 5 / ... Hatching section ] ..... ST cut quartz plate, 2 ... A crystal Z disc, 3

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-152487  
(P2003-152487A)

(43) 公開日 平成15年5月23日 (2003.5.23)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 3 H 3/10		H 0 3 H 3/10	5 J 0 9 7
9/145		9/145	Z
9/25		9/25	C

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2002-164912 (P2002-164912)	(71) 出願人	000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(22) 出願日	平成14年6月5日 (2002.6.5)	(72) 発明者	飯澤 慶吾 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2001-260122 (P2001-260122)	(72) 発明者	山崎 隆 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
(32) 優先日	平成13年8月29日 (2001.8.29)	(74) 代理人	100095728 弁理士 上柳 雅彦 (外2名)
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

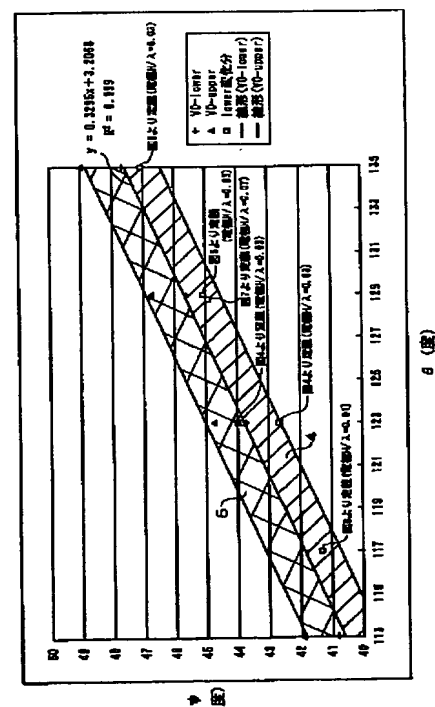
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 弾性表面波装置の温度特性調整方法および弾性表面波装置

(57) 【要約】

【課題】 面内回転STカット水晶板を用いた弾性表面波装置の持つ3次関数の温度特性に適合した弾性表面波装置の温度特性調整方法を適用する。

【解決手段】 オイラー角が ( $0^\circ$ ,  $113 \sim 135^\circ$ ,  $\pm(40 \sim 49^\circ)$ ) にある面内回転STカット水晶板を用いた弾性表面波装置の温度特性調整方法である。3次関数の温度特性を有する面内回転STカット水晶板を用いた弾性表面波装置の温度特性が、 $-40 \sim +85^\circ\text{C}$  の温度範囲において極値を有するよう前記オイラー角の範囲をハッチング部4および5の領域内として設定し、このハッチング部4および5の領域を用いて、変曲点まわりに温度特性を回転させて使用温度範囲における周波数の変動量が最小になるように調整するようにした。



(2)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 オイラー角が( $0^\circ$ ,  $113 \sim 135^\circ$ ,  $\pm(40 \sim 49^\circ)$ )にある面内回転STカット水晶板を用いた弾性表面波装置の温度特性調整方法であって、3次関数の温度特性を有する前記面内回転STカット水晶板を用いた弾性表面波装置の温度特性を、変曲点まわりに回転させて温度特性を調整することを特徴とする弾性表面波装置の温度特性調整方法。

【請求項2】 オイラー角が( $0^\circ$ ,  $113 \sim 135^\circ$ ,  $\pm(40 \sim 49^\circ)$ )にある面内回転STカット水晶板を用いた弾性表面波装置の温度特性調整方法であって、3次関数の温度特性を有する前記面内回転STカット水晶板を用いた弾性表面波装置の温度特性が極値を有するよう前記オイラー角の範囲を設定し、変曲点まわりに温度特性を回転させて使用温度範囲における温度特性の変動を最小限に調整することを特徴とする請求項1に記載の弾性表面波装置の温度特性調整方法。

【請求項3】 前記オイラー角を( $0^\circ$ ,  $\theta$ ,  $\phi$ )とした場合、 $\phi$ は、 $\phi = 0.3295\theta + 3.3318^\circ \pm 1.125^\circ$ に収まる範囲であることを特徴とする請求項1または2に記載の弾性表面波装置の温度特性調整方法。

【請求項4】 前記オイラー角を( $0^\circ$ ,  $\theta$ ,  $\phi$ )としたときに、 $\theta = 125 \sim 128^\circ$ であって、 $\eta$ (電極幅/電極ピッチ)が0.3~0.6であることを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれかに記載の弾性表面波装置の温度特性調整方法。

【請求項5】 前記弾性表面波装置における電極膜厚量を調整することにより変曲点まわりの温度特性を変更するようにしたことを特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の弾性表面波装置の温度特性調整方法。

【請求項6】 水晶のZ'軸まわりに面内回転を行うことにより変曲点まわりの温度特性を変更することを特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の弾性表面波装置の温度特性調整方法。

【請求項7】 前記弾性表面波装置における電極における $\eta$ (電極幅/電極ピッチ)を変更することにより変曲点まわりの温度特性を変更することを特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の弾性表面波装置の温度特性調整方法。

【請求項8】 請求項1ないし請求項7のいずれかに記載の弾性表面波装置の温度特性調整方法により製造されたことを特徴とする弾性表面波装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、面内回転STカット水晶板を用いた弾性表面波装置の温度特性調整方法および弾性表面波装置に関する。

## 【0002】

2

【従来の技術】従来、水晶を用いた圧電振動子の温度特性(温度変化に対する周波数変動特性)は、音叉振動子、弾性表面波装置などのように2次関数で表されるものや、AT振動子などのように3次関数で表されるものがある。この圧電振動子における温度特性では、通常使用温度である $25^\circ\text{C}$ を中心に使用温度範囲( $-40 \sim +85^\circ\text{C}$ )で周波数の変動量幅が最小になるように振動子の温度特性を調整している。通常、温度特性が2次関数である圧電振動子では、当該圧電振動子の温度特性の頂点温度(周波数の極値を与える温度)が使用温度範囲の中心に位置するように調整すると、周波数の変動量幅が最小となる。なお従来の2次関数の温度特性をもつ振動子では頂点温度の範囲は $0^\circ\text{C}$ から $50^\circ\text{C}$ あたりである。

【0003】一方、温度特性が3次関数であるATカット振動子では、変曲点温度が使用温度範囲のほぼ中央に位置しているため、使用温度範囲における周波数変動幅が極めて小さい。

【0004】ところでSAW共振子やSAWフィルタに代表される弾性表面波装置では、温度変化による周波数変化を低減させる目的から、STカット水晶板をZ'軸まわりに面内回転させた水晶板(以下、面内回転STカット水晶板と称す)が用いられる場合がある。そして面内回転STカット水晶板を用いた弾性表面波装置も従来のSTカット水晶板を用いた弾性表面波装置と同様、その温度特性は2次関数であると従来から思われており、使用温度範囲の中心に面内回転STカット水晶板を用いた弾性表面波装置の頂点温度を一致させ、温度変化に対する周波数の変動量幅を最小限に抑えるようにしていた。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】前述の通り面内回転STカット水晶板を用いた弾性表面波装置の温度特性は、従来から2次関数であると思われていた。しかし本願発明者が改めて検証したところ、実際は変曲点が $110^\circ\text{C}$ 近辺にある3次関数であることが判明した。 $110^\circ\text{C}$ を大きく超えて温度特性を測定することは通常行わないため、面内回転STカット水晶板を用いた弾性表面波装置の温度特性が3次関数であることがこれまで確認されなかった。したがって、この面内回転STカット水晶板を用いた弾性表面波装置の温度特性を調整しようとする場合、2次関数として行っていたので、使用温度範囲での周波数変動量幅を最適化したものにはなっていなかったのである。

【0006】そして面内回転STカット水晶板を用いた弾性表面波装置の温度特性が2次関数ではなく実際は3次関数であったことから、これまでの調整方法では、面内回転STカット水晶板を用いた弾性表面波装置の温度特性を十分に発揮することができないという問題が発生した。

【0007】本発明は、上記従来の問題点に着目し、面

50

(3)

3

内回転STカット水晶板を用いた弾性表面波装置の持つ3次関数の温度特性に適合した弾性表面波装置の温度特性調整方法および弾性表面波装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、面内回転STカット水晶板を用いた弾性表面波装置の温度特性が、従来2次関数と考えられ、頂点温度が使用温度範囲の中心に位置するように調整されていたが、実際は3次関数であった為、頂点温度を使用温度範囲の中心からずらすようにすれば周波数変化の量を一層低減することが可能になるという知見に基づいてなされたものである。

【0009】すなわち本発明に係る弾性表面波装置の温度特性調整方法は、オイラー角が( $0^\circ$ ,  $113 \sim 135^\circ$ ,  $\pm(40 \sim 49^\circ)$ )にある面内回転STカット水晶板を用いた弾性表面波装置の温度特性調整方法であって、3次関数の温度特性を有する前記面内回転STカット水晶板を用いた弾性表面波装置の温度特性を、変曲点まわりに回転させて温度特性を調整することとした。そして前記面内回転STカット水晶板を用いた弾性表面

装置の温度特性が極値を有するよう前記オイラー角の範囲を設定し、変曲点まわりに温度特性を回転させて使用温度範囲における温度特性の変動量幅を最小限に調整することとした。

【0010】そして前記オイラー角を( $0^\circ$ ,  $\theta$ ,  $\phi$ )とした場合、 $\phi$ は、

$$\phi = 0.3295\theta + 3.3318^\circ \pm 1.125^\circ$$

で表される範囲とする。特に、オイラー角を( $0^\circ$ ,  $\theta$ ,  $\phi$ )としたときに、 $\theta = 125 \sim 128^\circ$ であって、 $\eta$  (電極幅/電極ピッチ)を0.3~0.6にすることが望ましい。

【0011】前述した変曲点まわりの温度特性を変更するには、弾性表面波装置における電極膜厚を調整することにより行い、あるいは、前記Z'軸まわりの面内回転量を調整することにより行えばよい。また、前記弾性表面波装置における電極における $\eta$  (電極幅/電極ピッチ)を変更することにより行うこともできる。また本発明に係る弾性表面波装置は、上述した弾性表面波装置の温度特性調整方法によって製造されればよい。

【0012】このようにオイラー角が( $0^\circ$ ,  $113 \sim 135^\circ$ ,  $\pm(40 \sim 49^\circ)$ )にある面内回転STカット水晶板を用いた弾性表面波装置は、発明者の検討によって3次関数の温度特性を持つことが確認されている。そして前記3次関数の温度特性の中で極値を有するような前記オイラー角の範囲を( $0^\circ$ ,  $113 \sim 135^\circ$ ,  $\pm(40 \sim 49^\circ)$ )の範囲内で選定し、この範囲内で3次関数の変曲点まわりに温度特性を回転させれば、使用温度範囲における温度特性(すなわち周波数変動)の変動量幅を最小限に設定することができる。特に、オイラー角の $\theta$ を、 $\theta = 125 \sim 128^\circ$ すると

4

もに、 $\eta$  (電極幅/電極ピッチ)を0.3~0.6にすると、高周波になるほど影響が大きくなるプロセス誤差による温度特性のばらつきを含めても、 $-40 \sim +85^\circ\text{C}$ の温度範囲における周波数の変動量幅を小さく抑えることができる。そして変曲点まわりに温度特性を変動させるには、Z'軸まわりの面内回転量を調整したり、あるいは表面に形成される電極の厚みや幅の変更を行うようにすればよい。

【0013】なお3次関数の温度特性の中で極値を有するような前記オイラー角の範囲は、請求項3に示すように発明者の検討によって検証がなされているので、この範囲内をターゲットとして面内回転量等を調整すればよい。

【0014】

【発明の実施の形態】以下に、本発明に係る弾性表面波装置の温度特性調整方法および弾性表面波装置の具体的実施形態を、図面を参照しつつ、詳細に説明する。水晶を用いた弾性表面波装置では、2次関数の温度特性が一般的であるが、面内回転STカット水晶板を用いると3次関数の温度特性をもつ弾性表面波装置が実現できる。そしてこの3次関数の温度特性をもつ弾性表面波装置では、変曲点温度が通常の使用温度範囲よりも高い温度領域に位置し、3次関数の温度特性の極大値付近の温度特性を使用温度範囲として温度特性を調節することで、温度変化に対する周波数の変動量幅が小さい弾性表面波装置を提供することができる。

【0015】例えば、圧電振動子を水晶から切り出す場合、カットの方向によって温度特性が変動する。図1に示すように、水晶の結晶軸は、電気軸(X軸)、機械軸(Y軸)、光軸(Z軸)によって定義されるが、STカットといわれるものはオイラー角( $\phi$ ,  $\theta$ ,  $\psi$ )が( $0^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $0^\circ$ )の水晶Z板2を、電気軸(X軸)まわりに $\theta = 113 \sim 135^\circ$ 回転させて得られる水晶板1の新しい座標軸(X, Y', Z')に沿って切り出されるものである。このSTカット水晶板1のZ'軸まわりにさらに $\phi = \pm(40 \sim 49)^\circ$ 回転させ、弾性表面波の伝播方向がこの方向となるように作製された圧電振動子が面内回転STカット弾性表面波装置3といわれるものである。そしてこの面内回転STカット弾性表面波装置3は、温度特性が極めてよいことが知られており、その温度特性は、STカットの一種であることから、2次関数の温度特性であると思われていた。しかし、発明者が検討を行ってみると、実際は温度特性の変曲点が $110^\circ\text{C}$ 近辺にある3次関数の温度特性であることが判明した。 $110^\circ\text{C}$ を大きく超えて温度特性を測定することは通常行わないため、面内回転STカット水晶板を用いた弾性表面波装置の温度特性が3次関数であることがこれまで確認されなかった。したがって、この面内回転STカット水晶板を用いた弾性表面波装置の温度特性を調整しようとする場合、2次関数として行っていたので、使



(4)

5

用温度範囲での周波数変動量幅を最適化したものにはなっていないのである。

【0016】本実施形態では、面内回転STカット弾性表面波装置が3次関数の温度特性であるとの知見を得て、使用温度範囲に位置する極大値もしくは極小値温度を頂点温度とし、一次係数項の調整により使用温度範囲外に位置する変曲点まわりに温度特性を回転させて前記頂点温度を使用温度範囲の最適値に調整するように構成したものである。これは具体的には、水晶板を電気軸(X軸)まわりに $\theta = 113 \sim 135^\circ$ 回転させて得られるSTカット水晶板を更にZ'軸まわりに $\phi = \pm(40 \sim 49)^\circ$ だけ面内回転させた水晶板を設定する。そして前記範囲内で、さらに温度特性が $-40 \sim +85^\circ\text{C}$ の使用温度範囲において極値を持つ範囲を選定し、この極値を持つ範囲内で面内回転角を調整することによって温度特性の極大値もしくは極小値を与える温度を使用温度範囲の最適値に調整して温度特性を調整するようにしたものである。

【0017】今、図2に示しているように、面内回転STカット弾性表面波装置の温度特性は変曲点温度が約 $110^\circ\text{C}$ であり、使用温度範囲は、それより低い温度領域 $-40 \sim +85^\circ\text{C}$ であるので、3次関数の温度特性曲線のうち、変曲点より低い温度領域に位置する極大値を有する領域を使用する(図2において四角で囲んだ部分)。3次関数の温度特性の場合には変曲点を移動することが困難であるので、一次係数項を調整し、温度特性曲線を変曲点まわりに回転させる。これによって、使用温度範囲での温度特性曲線の極大値を使用温度範囲の中心より低温側になるように調整するのである。図2に示す実線は温度特性曲線の極大値P1が使用温度範囲Tzの中央に位置しており、これが温度特性を2次関数としていた従来の調整方法である。この温度特性曲線を変曲点まわりに回転させて新たに破線で示しているような温度特性曲線に調整すると、極大値温度がP1からP2に移動し、使用温度範囲において周波数変動量幅を最小にすることができる。

【0018】面内回転STカット弾性表面波装置は、まずSTカット水晶ウェハを作製し、そのオリエンテーリ \*

$$\phi = 0.3295\theta + 3.3318^\circ \pm 1.125^\circ$$

【0020】そしてハッチング部4とハッチング部5に示される領域内で、Z'軸まわりに面内回転を行わせることで容易に極値(極大値と極小値)を有する周波数温度特性曲線を見つけることができ、さらに変曲点まわりに温度特性曲線を回転させ、使用温度範囲における周波数の変動量幅を最小限に調整すればよい。

【0021】発明者は、上記ハッチング部4とハッチング部5の境界領域において、温度特性の検証を行い、前記ハッチング部4とハッチング部5の範囲の正当性についてそれぞれ確認をおこなった。また本実施の形態で

6

\*ングフラットを利用して面内角度 $\phi$ を与え、これに各振動子領域に反射電極とすだれ状電極を露光形成するのである。この3次関数の温度特性の実際的調整作業は、上記面内角度 $\phi = \pm(40 \sim 49)^\circ$ を加減調整することによって弾性表面波の伝播方向を変えて行う。 $\phi$ の変化と3次関数の温度特性の一次係数項の変化の関係は予め分かっているので、調整方向と調整量はある程度予測できる。したがって、面内回転STカット弾性表面波装置を作成してその温度特性を求め、設計仕様による使用温度範囲で極大値(もしくは極小値)が使用温度範囲の中心より低温側(もしくは高温側)に位置するように温度特性曲線の回転量を求め、この回転量に対応する $\phi$ を算出する。そしてこの面内回転角度 $\phi$ に対応するオリエンテーリングフラットを $\pm(40 \sim 49)$ 度内で設定して反射電極とすだれ状電極を形成するのである。これにより使用温度範囲において周波数変動量幅を最小にする面内回転STカット弾性表面波装置を得ることができる。

【0019】図3は、オイラー角が $(0^\circ, 113 \sim 135^\circ, \pm(40 \sim 49)^\circ)$ にある面内回転STカット水晶板において極値を有する温度特性曲線を容易に見つけることが可能な範囲を示すグラフである。ここで発明者は種々の検討を繰り返し、3次関数の温度特性を有する同グラフの範囲において、トランスバーサル型の弾性表面波装置が $-40 \sim +85^\circ\text{C}$ の温度範囲で極値(極大値もしくは極小値)を有する温度特性曲線を容易に見つけることが可能な $\theta$ と $\phi$ との範囲を見いだした。この範囲を同グラフにおけるハッチング部5に示す。一方、同グラフにおけるハッチング部4は、共振子型の弾性表面波装置において、温度特性曲線が上記の温度範囲で極値(極大値もしくは極小値)を有する温度特性曲線を容易に見つけることが可能な $\theta$ と $\phi$ との範囲のうち、ハッチング部5の範囲外にある範囲であり、電極が形成されている分ハッチング5の領域に比較して、 $\phi$ の値が小さくなっている。そして同グラフにおけるハッチング部4とハッチング部5を合わせた領域は、下記の数式によって定義される。

【数1】

は、面内回転STカット水晶弾性表面波装置とは、トランスバーサル型のSAWフィルタと、共振子型SAWデバイス(SAW共振子、共振子型SAWフィルタを含む)の双方を含むものと定義する。

【0022】図9～図12は、オイラー角が $(0^\circ, 113 \sim 135^\circ, \pm(40 \sim 49)^\circ)$ にある面内回転STカット水晶板を用いたトランスバーサル型SAWフィルタにおいて、3次関数の極値の有無を検証したグラフである。これらの図から、トランスバーサル型SAWフィルタの弾性表面波装置が $-40 \sim +85^\circ\text{C}$ の温度範

50

(5)

8

7  
 囲で極値（極大値もしくは極小値）を有する温度特性を容易に見つけることが可能な $\theta$ と $\phi$ の範囲を見いだした。その範囲が図3のハッチング部5であり、下記の数\*

\* 式によって定義される。

【数2】

$$\phi = 0.3295\theta + 3.8318^\circ \pm 0.625^\circ$$

【0023】ところで発明者は、トランスバーサル型SAWフィルタの温度特性だけに留まらず、さらに共振子型SAWデバイスの温度特性についても検討を重ね、種々の規則性を見いだした。すなわちトランスバーサル型SAWフィルタは、圧電材料となる水晶基板の表面に、発信側のIDT電極（くし歯電極）と受信側のIDT電極がある間隔をもって配置された形態となっている。このようなSAWフィルタにおいてはIDT電極間には何も形成されないため、電極の幅、厚み等の要素によって周波数の温度特性の変化が小さい（電極の形状を変化させても温度特性があまり変化しない）。これに対し共振子型SAWデバイスでは、圧電材料となる水晶基板の表面にIDT電極が形成され、このIDT電極を挟むように反射器電極が形成された形態となっており、このIDT電極の幅、厚み等の要素によって温度特性が変化する。

【0024】図4は、オイラー角が $(0^\circ, 123^\circ, \pm(40 \sim 49^\circ))$ にある面内回転STカット水晶板を用いた共振子型SAWデバイスにおいて、3次関数の温度特性について $-40 \sim +85^\circ\text{C}$ の温度範囲において極値の有無を検証したグラフである。このグラフに示すように、図3におけるハッチング部4の範囲より面内回転角 $\phi$ を小さくした条件では、 $-40 \sim +85^\circ\text{C}$ の温度範囲において温度特性に極値を有しないことが解る。また図4のグラフは図3のハッチング部4の範囲より $\phi$ を大きくした条件でも極値を有することを示しているが、同時にハッチング部5の範囲内であることも示している。

【0025】図4と図10はオイラー角 $(0^\circ, \theta, \phi)$ のうち、 $\theta$ が同一でも電極の有無により、類似した温度特性曲線を与える $\phi$ が異なることを示す。例えば、極値を有する境界となる $\phi$ を見ると、図10では $\phi = 43.7^\circ$ であるのに対し、図4では $\phi = 42.7^\circ$ と1度小さくなっている。即ち、電極があることにより、図3のハッチング部5で定義される $\phi$ の範囲内だけでは $-40 \sim +85^\circ\text{C}$ の温度範囲で極値（極大値もしくは極小値）を有する温度特性を見つけることは容易ではなくなる。そこで図3のハッチング部5の範囲の $\phi$ を1度小さい方に広げた範囲（これがハッチング部4）とハッチング部5を合わせた範囲を定義すれば電極の有無に関らず、 $-40 \sim +85^\circ\text{C}$ の温度範囲で極値（極大値もしくは極小値）を有する温度特性を容易に見つけることが可能となる。そしてハッチング部4とハッチング部5を合わせた範囲は、数式1によって定義される。

【0026】図5ないし図7、図8にはオイラー角 $(0$

$^\circ, 117^\circ, \phi)$ 、 $(0^\circ, 129^\circ, \phi)$ 、 $(0^\circ, 135^\circ, \phi)$ における共振子型SAWデバイスの温度特性を示している。これらの図より、図3のハッチング部5で定義される $\phi$ の範囲内だけでは $-40 \sim +85^\circ\text{C}$ の温度範囲で極値（極大値もしくは極小値）を有する温度特性を見つけることは容易ではなくなるが、ハッチング部4とハッチング部5を合わせた範囲内であれば、 $-40 \sim +85^\circ\text{C}$ の温度範囲で極値（極大値もしくは極小値）を有する温度特性を容易に見つけることが可能となる。

【0027】このように上述したオイラー角の範囲において、温度特性が $-40 \sim +85^\circ\text{C}$ の温度範囲において極値を有するようなカット角の範囲を把握しておけば、弾性表面波装置の使用温度範囲での周波数変動量幅を最小限に抑えることができる。すなわち図13(1)に示すように、図3のハッチング部4に入る共振子型SAWデバイスでは、頂点温度を使用温度範囲 $(-40 \sim +85^\circ\text{C})$ のほぼ中央の温度 $(25^\circ\text{C})$ に一致させているが、同図(1)においては周波数の温度特性が3次関数で示されるため、頂点温度を基準とした周波数変動量は左右で等しくならない。3次関数で示される温度特性の変動を抑えるには頂点温度を低温側にシフトさせ、頂点温度を基準として高温側と低温側の周波数の変動量を等しくすることが必要である。

【0028】図13(1)はオイラー角が $(0^\circ, 123^\circ, 43^\circ)$ の面内回転STカット水晶板を有する共振子型SAWデバイスの温度特性を示しており、図14に示したオイラー角が $(0^\circ, 123^\circ, 0^\circ)$ である通常のSTカットの場合に比較して、周波数変動量幅を71ppmまで小さくできる。しかしこの共振子型SAWデバイスの頂点温度は使用温度範囲のほぼ中心である $25^\circ\text{C}$ になっている。この頂点温度を移動する調整を行うことによって、より使用温度範囲での周波数変動量幅を小さくすることができる。そのためには図示の場合には頂点温度を低温側にシフトさせればよい。

【0029】面内回転STカット水晶板は3次関数の温度特性であるから、温度特性曲線を変曲点回りに回転させることにより、頂点温度を移動させたことと同様の結果を得ることができる。同図(1)の状態から頂点温度を低温側にシフトさせるには、第1にはIDT電極の膜厚Hを調整することによって実現でき、同図(2)に示すように、電極膜厚Hを厚くして膜厚比 $H/\lambda$ を大きくすることにより、頂点温度を低温側にシフトさせて温度特性を調整できる。また、Z'軸まわりに面内回転量を調整することで変曲点まわりの温度特性を変更すること

9

によっても可能である。これは電極の形成方向（弾性表面波の伝搬方向）を角度調整することによって実現でき、同図（3）に示すように、 $Z'$  軸まわりの面内回転角  $\phi$  を  $\phi = 43.0^\circ$  から  $\phi = 43.1^\circ$  とすることにより、調整できる。さらに IDT 電極における  $\eta$ （電極幅／電極ピッチ）を変更することによっても調整可能で、この調整結果を同図（4）に示す。これらの調整によって、従来の温度特性に比べ、使用温度範囲での周波数変動量幅を一層抑えることが可能になる。

【0030】ところで、共振周波数が高周波になるにつれ、弾性表面波装置は電極が微細化されるために電極幅が小さくなり、電極幅の製造誤差が相対的に大きくなる。このため、温度特性に影響を与える  $\eta$ （電極幅／電極ピッチ）の値の変動量が大きくなり、例えば 1 GHz 程度であると、 $\eta$  が  $\pm 0.1$  程度の製造誤差を生ずようになる。したがって、面内回転 ST カット水晶板 1 を用いた弾性表面波装置の場合、共振周波数が例えば 1 GHz 程度まで高周波となると、 $-40 \sim +85^\circ\text{C}$  の温度範囲における周波数の変動量幅が 100 ppm 以内のものを安定して作ることが困難となる。

【0031】例えば、オイラー角が  $(\phi, \theta, \phi)$  としたときに、 $\phi = 0^\circ$ 、 $\theta = 123^\circ$  であって、膜厚比  $H/\lambda = 0.05$ 、 $\eta = 0.4$  の面内回転 ST カット水晶板 1 を用いた共振型 SAW デバイスの場合、 $-40 \sim +85^\circ\text{C}$  の使用温度範囲における周波数の変動量幅を、図 15 に示したように、約 60 ppm に調整することが可能である。ただし、図 15 の場合、数式 1 によって求められる  $\phi$  の角度範囲内において、 $\phi$  を最適な温度特性が得られるように調整するとともに、 $25^\circ\text{C}$  の周波数を基準としている。

【0032】ところが、同じオイラー角、同じ膜厚比であったとしても、電極幅が小さくなって  $\eta = 0.3$  になると、図 16 に示したように、周波数変動量幅が 90 ppm を超える。そして、逆に電極幅が大きくなって  $\eta = 0.5$  となった場合、同じオイラー角、同じ膜厚比であっても、周波数変動量幅が図 17 に示したように 134 ppm になってしまう（ただし、図 17 においては、 $+85^\circ\text{C}$  における周波数変動量が記載されていない）。したがって、周波数変動量幅が 100 ppm 以内となるように、 $\eta = 0.4$  と設定したとしても、電極幅の製造上におけるばらつきのため、周波数変動量幅が 100 ppm を超える共振型 SAW デバイスが製造されてしまう。

【0033】そこで、本願発明者らは、鋭意研究と実験とを重ね、電極幅に製造誤差が生じたとしても、 $-40 \sim +85^\circ\text{C}$  の温度範囲における周波数変動量幅が 100 ppm 以内となる面内回転 ST カット共振型 SAW デバイスが得られる水晶板のカット角を見いだした。図 18 ないし図 23 は、オイラー角の  $\theta$  と電極膜厚比  $(H/\lambda)$ 、 $\eta$  との関係を調べたものである。これらの図の縦

10

軸は、 $\eta$  が  $\pm 0.1$  変動した際の周波数変動量幅の最大値を表している。この周波数変動量幅の最大値とは、たとえば図 15 ないし図 17 の、 $\theta = 123^\circ$ 、 $H/\lambda = 0.05$ 、 $\eta = 0.4 \pm 0.1$  において、周波数変動量幅が最大となる図 17（ $\eta = 0.5$ ）の周波数変動量幅を表す。記載しないが、 $\phi$  は数式 1 によって求められる角度範囲内である。また、いずれの場合にも、 $25^\circ\text{C}$  における周波数を基準とし、 $-40 \sim +85^\circ\text{C}$  の温度範囲における周波数変動量幅を示している。

10 【0034】図 18 は、 $H/\lambda = 0.03$ 、 $\eta = 0.4 \pm 0.1$  の場合である。この場合、 $\theta = 123 \sim 134^\circ$  の範囲において、周波数変動量幅を 100 ppm 以下にすることができる。また、図 19 は、 $H/\lambda = 0.03$ 、 $\eta = 0.5 \pm 0.1$  の場合であって、 $\theta = 125 \sim 131^\circ$  の範囲で周波数変動量幅をほぼ 100 ppm 以下にすることが可能となっている。

【0035】図 20 は、 $H/\lambda = 0.04$ 、 $\eta = 0.4 \pm 0.1$  の場合である。この場合、 $\theta = 124 \sim 134^\circ$  の範囲で周波数変動量幅を 100 ppm 以下とすることができる。そして、図 21 に示した  $H/\lambda = 0.04$ 、 $\eta = 0.5 \pm 0.1$  の場合においては、 $\theta = 125 \sim 129^\circ$  の範囲において周波数変動量幅を 100 ppm 以下とすることができる。さらに、図 22 に示した  $H/\lambda = 0.05$ 、 $\eta = 0.4 \pm 0.1$  の場合においては、 $\theta = 124 \sim 134^\circ$  の範囲において周波数変動量幅を 100 ppm 以下とすることができる。また、図 23 の  $H/\lambda = 0.05$ 、 $\eta = 0.5 \pm 0.1$  の場合、 $\theta = 125 \sim 128^\circ$  の範囲において周波数変動量幅を 100 ppm 以下とすることができる。

30 【0036】したがって、これらの結果から、 $\theta = 125 \sim 128^\circ$  の範囲であれば、 $\eta = 0.3$  ないし  $0.6$  の範囲内でプロセスにより  $\eta$  が  $0.2$  以内の変動幅で変動した場合においても、 $-40 \sim +85^\circ\text{C}$  の温度範囲において周波数変動量幅を 100 ppm 以下とすることができる。電極幅の製造誤差が相対的に大きくない周波数帯（例えば 300 MHz、600 MHz 等）においても、上記範囲が有効であることは言うまでも無い。

【0037】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、オイラー角が  $(0^\circ, 113 \sim 135^\circ, \pm(40 \sim 49^\circ))$  にある面内回転 ST カット水晶板を用いた弾性表面波装置の温度特性調整方法であって、3 次関数の温度特性を有する前記面内回転 ST カット水晶板を用いた弾性表面波装置の温度特性が極値を有するよう前記オイラー角の範囲を設定し、変曲点まわりに温度特性を回転させて使用温度範囲における周波数の変動量幅が最小になるように調整したことから、周囲温度が変動しても共振周波数が変動するのを最小限に抑えることが可能になる。

50 【図面の簡単な説明】

(7)

11

【図1】 Z' 軸回りに面内回転させたSTカット水晶の説明図である。

【図2】 Z' 軸回りに面内回転させたSTカット弾性表面波装置の温度特性曲線図である。

【図3】 オイラー角が( $0^\circ$ ,  $113^\circ \sim 135^\circ$ ,  $\pm(40^\circ \sim 49^\circ)$ )にある面内回転STカット水晶板において極値を有する温度特性曲線を容易に見つけることが可能な範囲を示すグラフである。

【図4】 オイラー角が( $0^\circ$ ,  $113^\circ \sim 135^\circ$ ,  $\pm(40^\circ \sim 49^\circ)$ )にある面内回転STカット水晶板を用いた共振型SAWデバイスにおいて、3次関数の極値の有無を検証したグラフである。

【図5】 オイラー角が( $0^\circ$ ,  $113^\circ \sim 135^\circ$ ,  $\pm(40^\circ \sim 49^\circ)$ )にある面内回転STカット水晶板を用いた共振型SAWデバイスにおいて、3次関数の極値の有無を検証したグラフである。

【図6】 オイラー角が( $0^\circ$ ,  $113^\circ \sim 135^\circ$ ,  $\pm(40^\circ \sim 49^\circ)$ )にある面内回転STカット水晶板を用いた共振型SAWデバイスにおいて、3次関数の極値の有無を検証したグラフである。

【図7】 オイラー角が( $0^\circ$ ,  $113^\circ \sim 135^\circ$ ,  $\pm(40^\circ \sim 49^\circ)$ )にある面内回転STカット水晶板を用いた共振型SAWデバイスにおいて、3次関数の極値の有無を検証したグラフである。

【図8】 オイラー角が( $0^\circ$ ,  $113^\circ \sim 135^\circ$ ,  $\pm(40^\circ \sim 49^\circ)$ )にある面内回転STカット水晶板を用いた共振型SAWデバイスにおいて、3次関数の極値の有無を検証したグラフである。

【図9】 オイラー角が( $0^\circ$ ,  $113^\circ \sim 135^\circ$ ,  $\pm(40^\circ \sim 49^\circ)$ )にある面内回転STカット水晶板を用いたトランスバーサル型SAWフィルタにおいて、3次関数の極値の有無を検証したグラフである。

【図10】 オイラー角が( $0^\circ$ ,  $113^\circ \sim 135^\circ$ ,  $\pm(40^\circ \sim 49^\circ)$ )にある面内回転STカット水晶板を用いたトランスバーサル型SAWフィルタにおいて、3次関数の極値の有無を検証したグラフである。

【図11】 オイラー角が( $0^\circ$ ,  $113^\circ \sim 135^\circ$ ,  $\pm(40^\circ \sim 49^\circ)$ )にある面内回転STカット水晶板を用いたトランスバーサル型SAWフィルタにおいて、3次関数の極値の有無を検証したグラフである。

【図12】 オイラー角が( $0^\circ$ ,  $113^\circ \sim 135^\circ$ ,  $\pm(40^\circ \sim 49^\circ)$ )にある面内回転STカット水晶板を用いたトランスバーサル型SAWフィルタにおいて、3次関数の極値の有無を検証したグラフである。

【図13】 3次関数の温度特性の調整作業の説明図で

12

ある。

【図14】 従来のオイラー角が( $0^\circ$ ,  $123^\circ$ ,  $0^\circ$ )のSTカット共振型SAWデバイスの温度特性を示す図である。

【図15】 実施の形態に係る $\theta = 123^\circ$ であって、 $H/\lambda = 0.05$ 、 $\eta = 0.4$ のときの、面内回転STカット共振型SAWデバイスの温度特性を示す図である。

【図16】 実施の形態に係る $\theta = 123^\circ$ であって、 $H/\lambda = 0.05$ 、 $\eta = 0.3$ のときの、面内回転STカット共振型SAWデバイスの温度特性を示す図である。

【図17】 実施の形態に係る $\theta = 123^\circ$ であって、 $H/\lambda = 0.05$ 、 $\eta = 0.5$ のときの、面内回転STカット共振型SAWデバイスの温度特性を示す図である。

【図18】 実施の形態に係る $H/\lambda = 0.03$ 、 $\eta = 0.4 \pm 0.1$ のときの、面内回転STカット共振型SAWデバイスの $-40 \sim +85^\circ\text{C}$ の温度範囲における $\theta$ と周波数変動量幅の最大値との関係を示す図である。

【図19】 実施の形態に係る $H/\lambda = 0.03$ 、 $\eta = 0.5 \pm 0.1$ のときの、面内回転STカット共振型SAWデバイスの $-40 \sim +85^\circ\text{C}$ の温度範囲における $\theta$ と周波数変動量幅の最大値との関係を示す図である。

【図20】 実施の形態に係る $H/\lambda = 0.04$ 、 $\eta = 0.4 \pm 0.1$ のときの、面内回転STカット共振型SAWデバイスの $-40 \sim +85^\circ\text{C}$ の温度範囲における $\theta$ と周波数変動量幅の最大値との関係を示す図である。

【図21】 実施の形態に係る $H/\lambda = 0.04$ 、 $\eta = 0.5 \pm 0.1$ のときの、面内回転STカット共振型SAWデバイスの $-40 \sim +85^\circ\text{C}$ の温度範囲における $\theta$ と周波数変動量幅の最大値との関係を示す図である。

【図22】 実施の形態に係る $H/\lambda = 0.05$ 、 $\eta = 0.4 \pm 0.1$ のときの、面内回転STカット共振型SAWデバイスの $-40 \sim +85^\circ\text{C}$ の温度範囲における $\theta$ と周波数変動量幅の最大値との関係を示す図である。

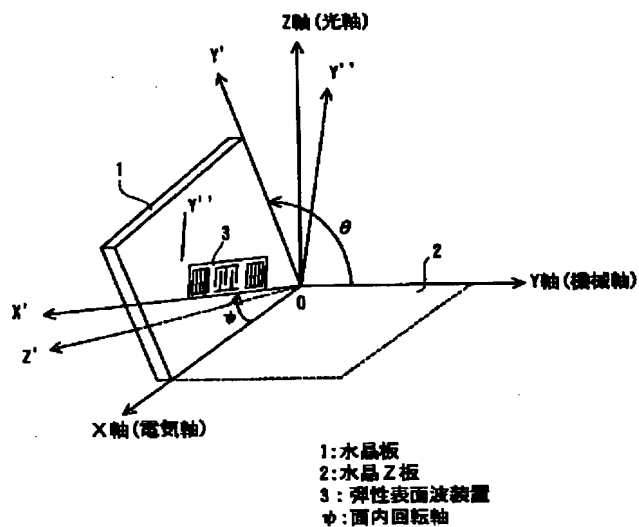
【図23】 実施の形態に係る $H/\lambda = 0.05$ 、 $\eta = 0.5 \pm 0.1$ のときの、面内回転STカット共振型SAWデバイスの $-40 \sim +85^\circ\text{C}$ の温度範囲における $\theta$ と周波数変動量幅の最大値との関係を示す図である。

【符号の説明】

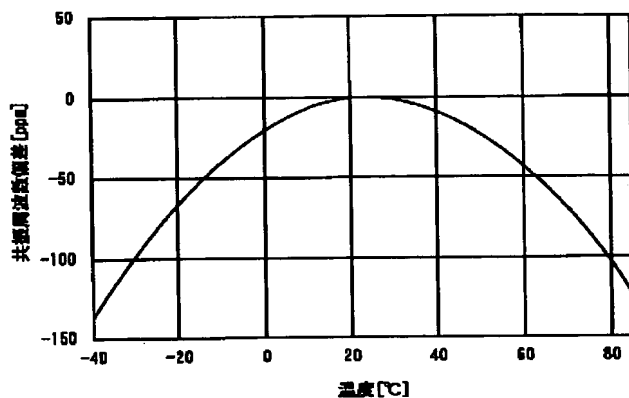
1………STカット水晶板、2………水晶Z板、3………面内回転STカット弾性表面波装置、4………ハッチング部、5………ハッチング部。

(8)

【図1】



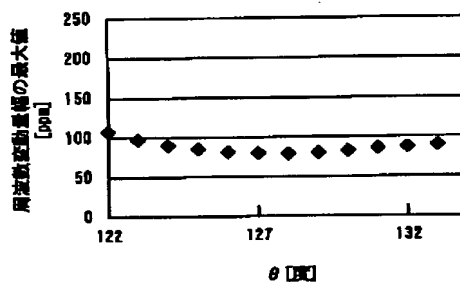
【図14】



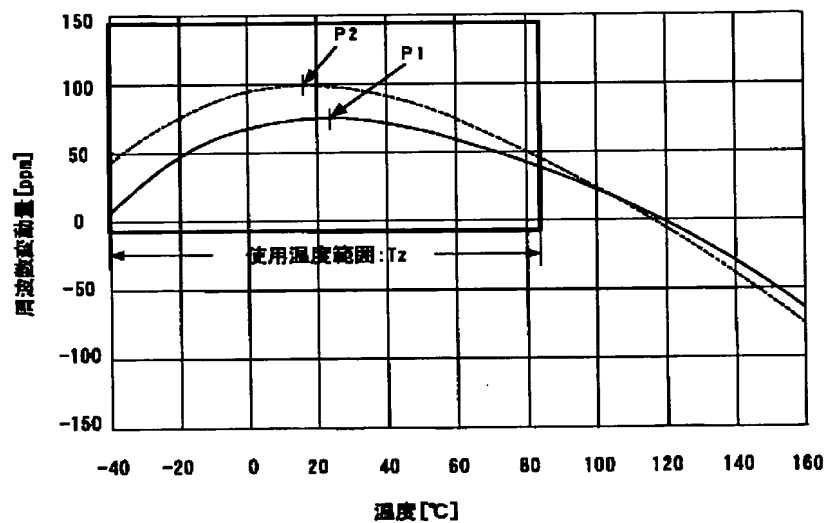
θ/5-角 (0°, 123°, 0°),  $H/\lambda=0.028$ ,  $\eta=0.5$ ,  $\theta_{max}=25^\circ\text{C}$   
周波数変動量幅: 144ppm

【図18】

$H/\lambda = 0.03$ ,  $\eta = 0.4 \pm 0.1$

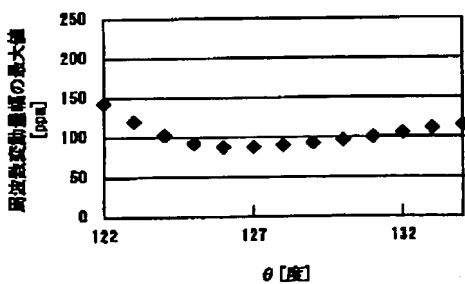


【図2】



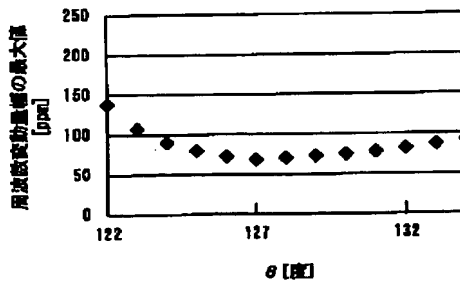
【図19】

$H/\lambda = 0.03$ ,  $\eta = 0.5 \pm 0.1$



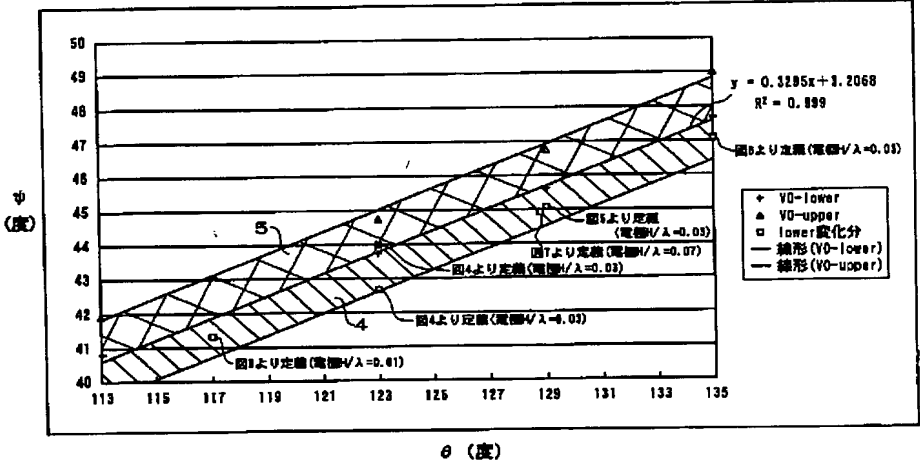
【図20】

$H/\lambda = 0.04$ ,  $\eta = 0.4 \pm 0.1$

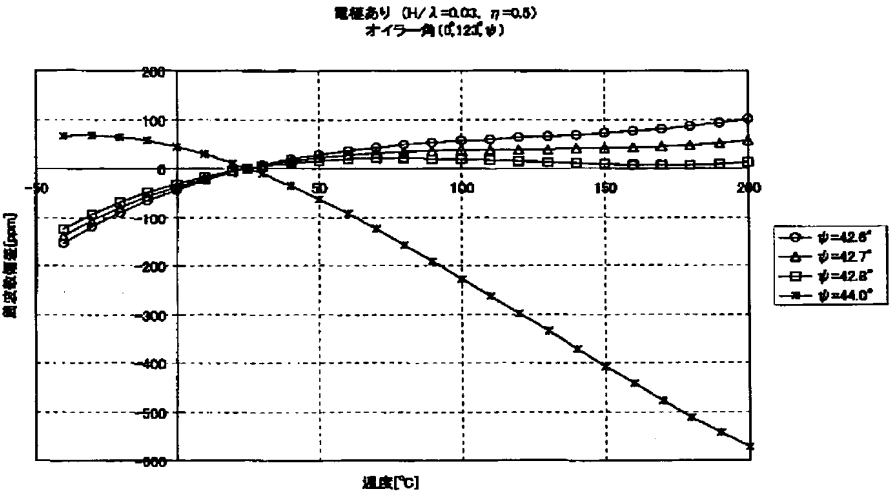


(9)

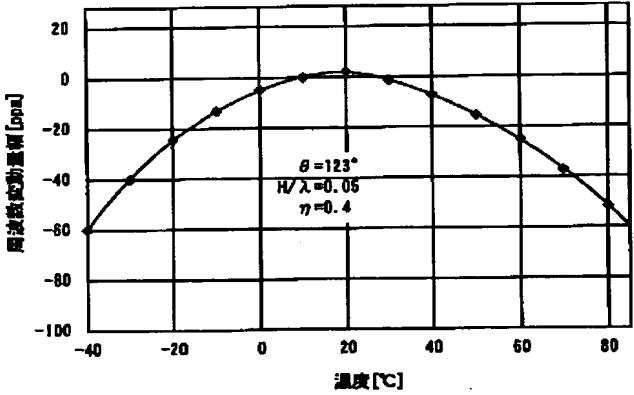
【図3】



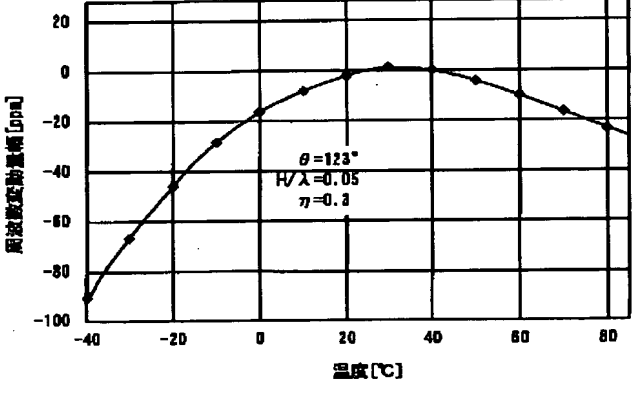
【図4】



【図15】

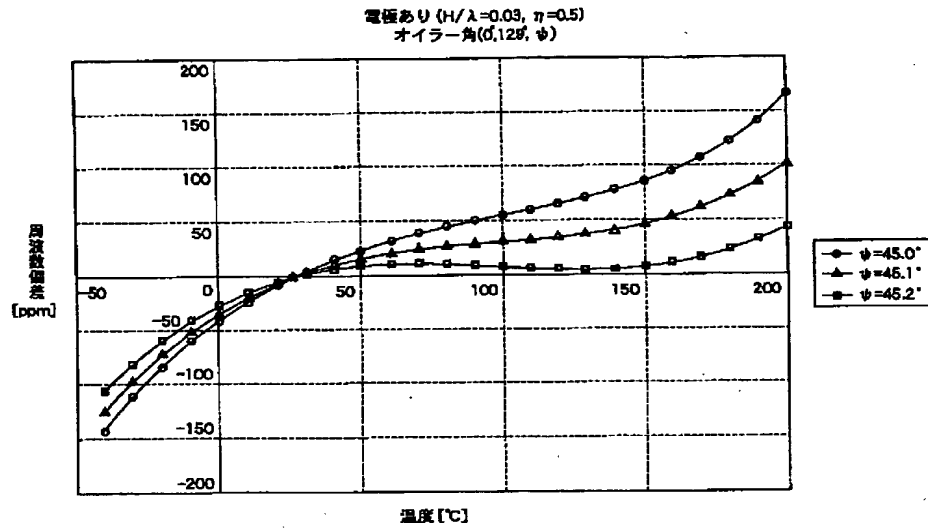


【図16】

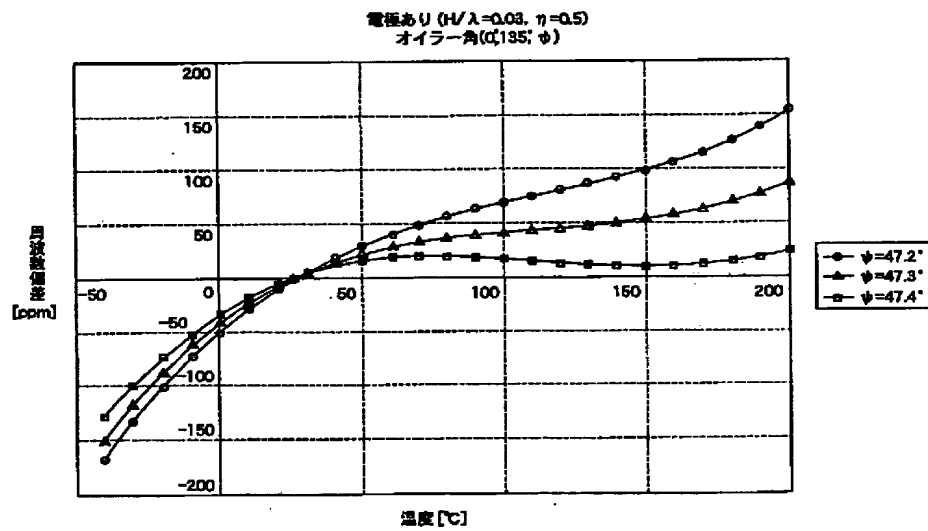


(10)

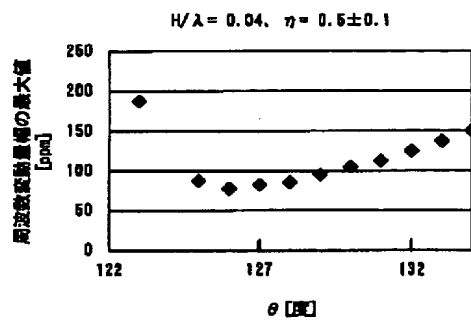
【図5】



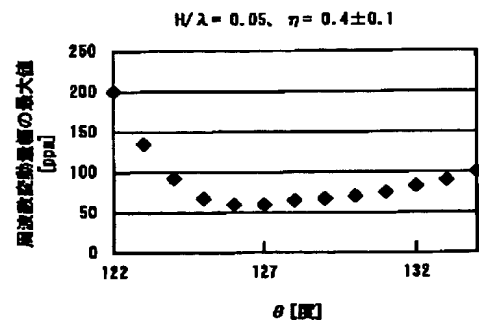
【図6】



【図21】

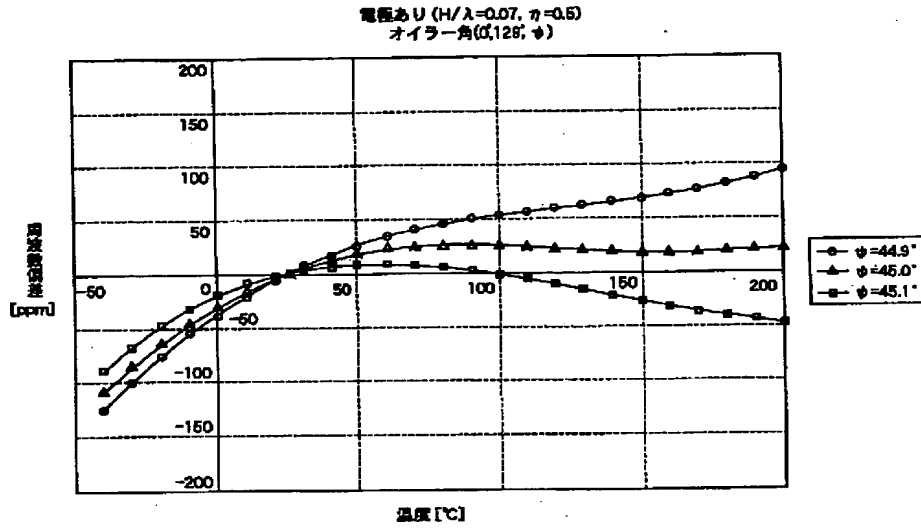


【図22】

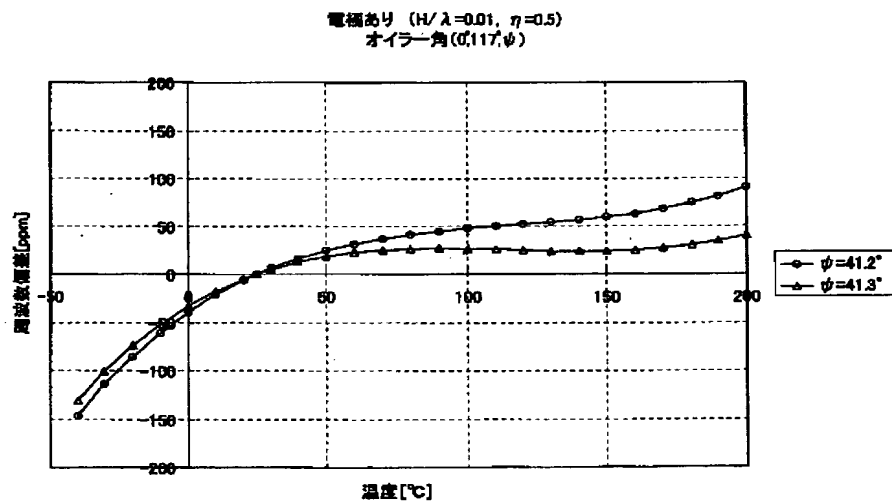


(11)

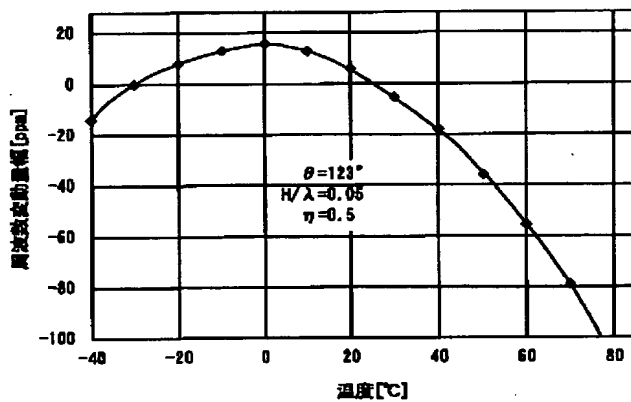
【図7】



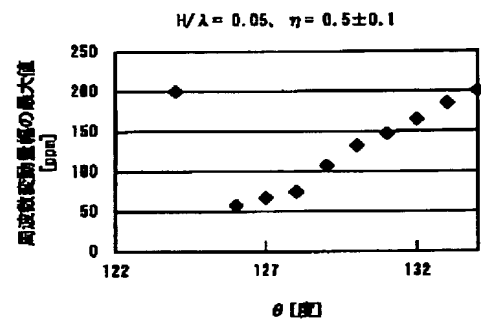
【図8】



【図17】



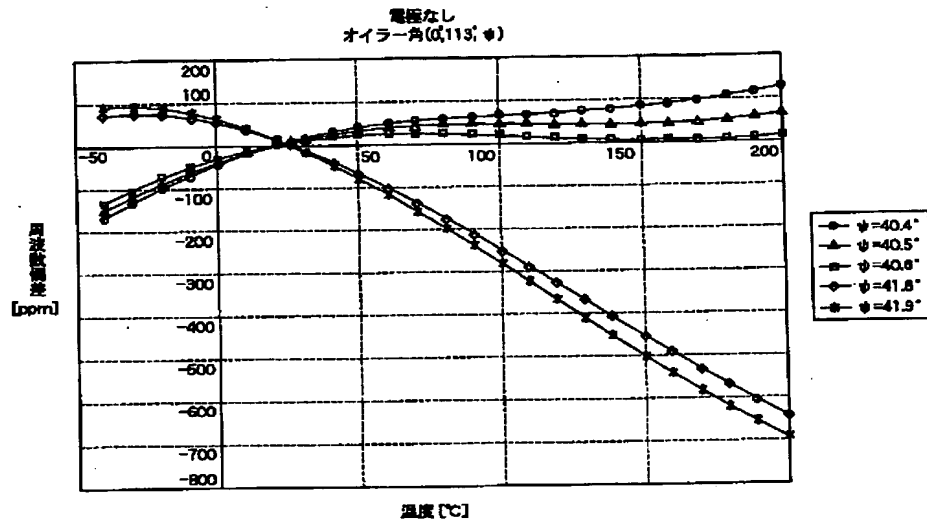
【図23】



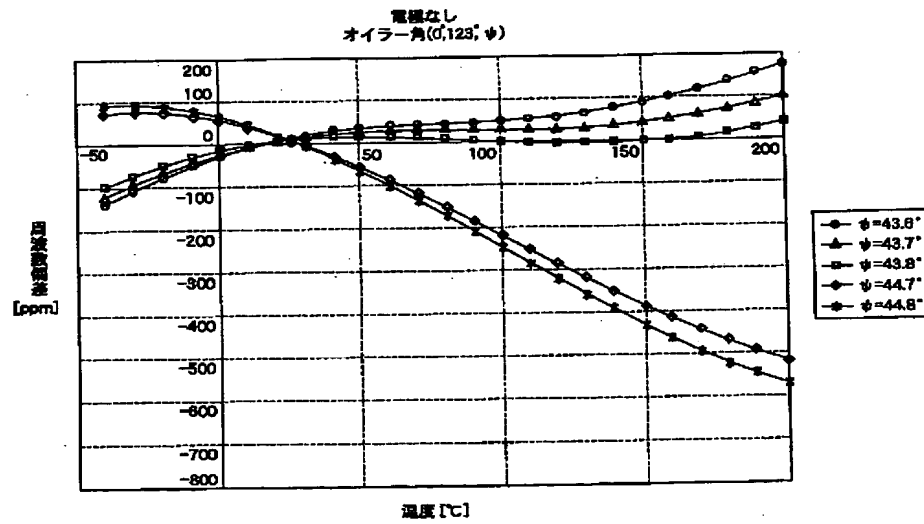


(12)

【図9】

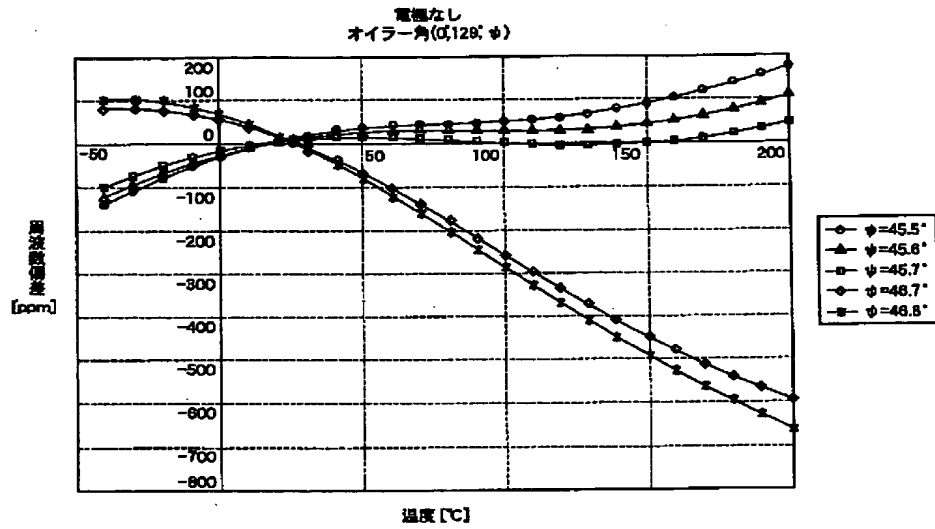


【図10】

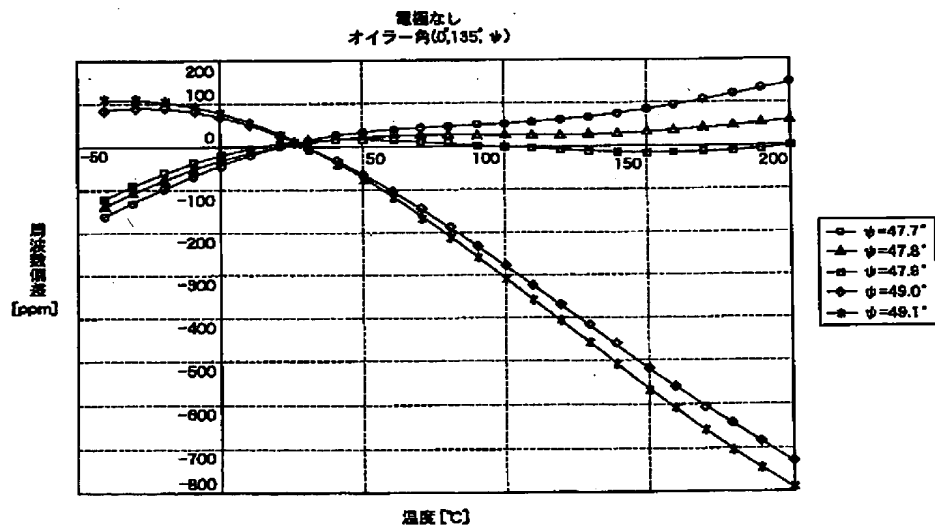


(13)

【図11】



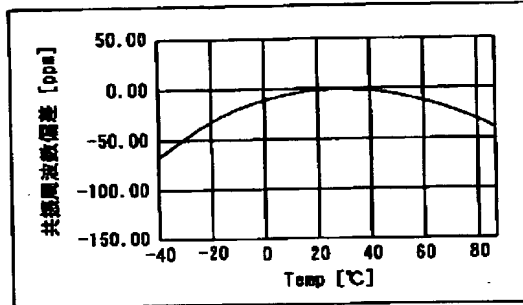
【図12】



(14)

【図13】

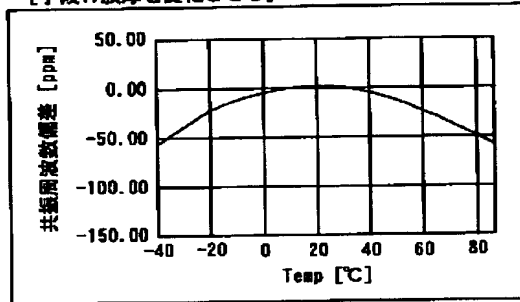
(1)



$\psi=43.0^\circ$ 、 $H/\lambda=0.0368$ 、 $\eta=0.5$ 、 $\theta_{\max}=25^\circ\text{C}$   
周波数変動量幅：71ppm

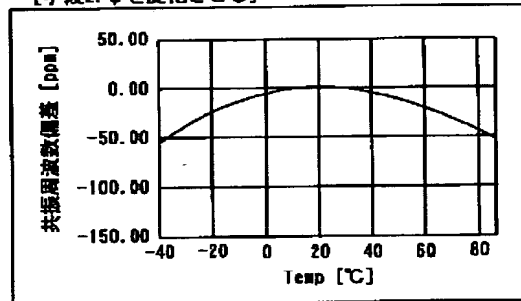
(2)

[手段1. 膜厚を変化させる]



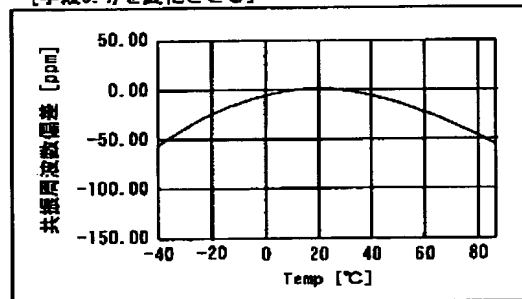
$\psi=43.0^\circ$ 、 $H/\lambda=0.0405$ 、 $\eta=0.5$ 、 $\theta_{\max}=17.70^\circ\text{C}$   
周波数変動量幅：58ppm

(3)

[手段2.  $\psi$ を変化させる]

$\psi=43.1^\circ$ 、 $H/\lambda=0.0368$ 、 $\eta=0.5$ 、 $\theta_{\max}=17.24^\circ\text{C}$   
周波数変動量幅：57ppm

(4)

[手段3.  $\eta$ を変化させる]

$\psi=43.0^\circ$ 、 $H/\lambda=0.0368$ 、 $\eta=0.525$ 、 $\theta_{\max}=17.23^\circ\text{C}$   
周波数変動量幅：58ppm

(15)

フロントページの続き

(72)発明者 神名 重男

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ  
ーエプソン株式会社内

Fターム(参考) 5J097 AA21 DD04 DD28 GG02 HB03  
KK07